

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DE LOS FLUJOS VEHICULARES Y  
NIVELES DE SERVICIOS EN EL INTERCAMBIADOR VIAL AVENIDA  
QUEBRADASECA CON CARRERA 15 DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA,  
A PARTIR DE LA PROYECCIÓN REALIZADA PARA SU CONSTRUCCIÓN.**

**ZAHIRA MELISSA NAVARRO CALA  
MAYRA ALEJANDRA GONZÁLEZ ARCINIEGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2020**

**ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO OPERATIVO DE LOS FLUJOS VEHICULARES Y  
NIVELES DE SERVICIOS EN EL INTERCAMBIADOR VIAL AVENIDA  
QUEBRADASECA CON CARRERA 15 DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA,  
A PARTIR DE LA PROYECCIÓN REALIZADA PARA SU CONSTRUCCIÓN.**

**ZAHIRA MELISSA NAVARRO CALA  
MAYRA ALEJANDRA GONZÁLEZ ARCINIEGAS**

**Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Civil**

**Director:**

**LUIS DAVID ARÉVALO DURAN  
Especialista en Ingeniería de tránsito**

**Codirector:**

**CLAUDIA PATRICIA BÁEZ TRUJILLO  
Msc (c) en ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2020**

## DEDICATORIA

*El presente trabajo de investigación lo dedicamos principalmente a nuestro amado Padre Celestial, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados para nuestras vidas.*

*A nuestros papás, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes llegamos a este punto, convirtiéndonos en personas integras y llenas de sueños. Ha sido el mayor orgullo y el privilegio de ser sus hijas, son los mejores padres.*

*A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.*

*Zahira Navarro & Mayra González*

## AGRADECIMIENTOS

*A todas las personas que nos han apoyado familiares, amigos, compañeros, especialmente a los que hicieron parte para que este trabajo se realizara con éxito, aquellos ingenieros que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos nuestra codirectora Claudia Báez Trujillo, al director Luis Arévalo Duran, al profesor Yerly Martínez Estupiñán, al ingeniero Nelson Baza Solares. Finalmente, a todas las personas que hicieron parte de nuestra formación integral durante toda nuestra carrera universitaria.*

***Infinitas gracias, Dios los bendiga.***

*Zahira Navarro & Mayra González.*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	11
1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	13
2. ANTECEDENTES EN LA ZONA.....	15
3. DISEÑOS PROPUESTOS .....	21
4. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	26
5. UBICACIÓN .....	27
5.1 ZONA DE INFLUENCIA.....	28
5.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MALLA VIAL .....	28
5.2.1 Jerarquización vial. ....	29
5.2.2 Infraestructura vial.....	29
5.2.3 Estado del pavimento.....	32
5.2.4 Andenes y rampas. ....	35
5.2.5 Señalización.....	38
5.2.6 Accidentalidad.....	42
5.2.7 Aforos Vehiculares. ....	44
5.3 SEMÁFOROS .....	48
6. VELOCIDADES EN CAMPO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	50
7. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	51
7.1 CREACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL MODELO.....	51
7.2 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO. ....	52
7.3 RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	56
8. IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN. ....	60
8.1 ALTERNATIVA 1 .....	60
8.2 ALTERNATIVA 2 .....	61
8.3 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	63

9. CONCLUSIONES .....65  
BIBLIOGRAFÍA.....68

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Alternativas propuestas en el año 2006.....	16
Figura 2. Alternativas propuestas en el año 2009.....	16
Figura 3. Distribución horaria de los flujos vehiculares de estudio año 2009.....	21
Figura 4. Composición vehicular de la zona de estudio en el año 2009. ....	22
Figura 5. Referenciación origen destino de acuerdo a la tabla anterior.....	23
Figura 6. Accidentes antes del Intercambiador. ....	24
Figura 7. Ubicación del sector en estudio. ....	27
Figura 8. Zona de influencia y caracterización de la malla vial del sector de estudio. ....	28
Figura 9. Jerarquía Vial de la zona de influencia. ....	29
Figura 10. Perfiles viales en la zona según el POT. ....	31
Figura 11. Anden A. ....	31
Figura 12. Calzada.....	31
Figura 13. Anden B.....	32
Figura 14. Localización daños de pavimento rígido y flexible en la zona de estudio .....	33
Figura 15. Porcentajes según el daño pavimento flexible.....	34
Figura 16. Porcentajes según pavimento rígido.....	34
Figura 17. Levantamiento y ubicación de perfiles viales de la zona. ....	35
Figura 18. Obstáculos en los andenes.....	36
Figura 19. Estado de andenes.....	37
Figura 20. Localización de estado de los andenes .....	37
Figura 21. Localización y clasificación de señales horizontales.....	38
Figura 22. Estado de las señales horizontales.....	39
Figura 23. Tránsito vehicular y tránsito peatonal. ....	40

Figura 24. Representación de medidas tomadas para caracterización señales verticales.....	40
Figura 25. Localización de tipo de señales verticales.....	41
Figura 26. Localización del estado de las señales verticales.....	42
Figura 27. Tránsito vehicular y tránsito peatonal. ....	42
Figura 28. Accidentalidad en los últimos años en el área metropolitana de Bucaramanga.....	43
Figura 29. Accidentes luego del Intercambiador .....	43
Figura 30. Tráfico presentado en el intercambiador un día típico. ....	44
Figura 31. Volumen vehicular en aforo de cinco horas. ....	44
Figura 32. Distribución horaria de vehículos mixtos y equivalentes.....	45
Figura 33. Intersecciones de Aforo Vehicular hora pico.....	46
Figura 34. Codificación de movimientos viales norma Rilsa. ....	47
Figura 35. Enumeración tipo para las intersecciones aforadas.....	47
Figura 36. Distribución Modal día típico en hora pico. ....	48
Figura 37. Red vial y centroides de generación y atracción Aimsun.....	52
Figura 38. Representación de los detectores puestos para la validación de resultados. ....	54
Figura 39. Nomenclatura de tramos en la glorieta. ....	57
Figura 40. Alternativa 1 de solución.....	61
Figura 41. Vista 3D Alternativa 1 simulación Aimsun.....	61
Figura 42. Alternativa 2 de solución.....	62
Figura 43. Vista 3D Alternativa 2 simulación Aimsun.....	62

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Condiciones anteriores de la intersección.....	17
Tabla 2. Niveles de servicio estudio año 2009.....	22
Tabla 3. Inventario vial año 2009.....	23
Tabla 4. Señalización estudio año 2009.....	24
Tabla 5. Perfiles viales.....	30
Tabla 6. Daños en el pavimento flexible.....	33
Tabla 7. Daños en el pavimento rígido.....	34
Tabla 8. Materiales de andenes.....	36
Tabla 9. Obstáculos en los andenes.....	36
Tabla 10. Rampas en la zona de influencia.....	38
Tabla 11. Estado de señales horizontales.....	39
Tabla 12. Estado de señales verticales.....	41
Tabla 13. Factores de equivalencia.....	45
Tabla 14. Fases semafóricas.....	49
Tabla 15. Velocidades en campo.....	50
Tabla 16. Criterios de validación.....	54
Tabla 17. Validación bicicletas, motos, autos, buses, taxis y pesados.....	55
Tabla 18. Validación de velocidades.....	56
Tabla 19. Niveles de servicio.....	56
Tabla 20. Niveles de Servicio situación actual.....	57
Tabla 21. Comparación de NDS esperados con resultados de la situación actual del intercambiador.....	58
Tabla 22. Niveles de servicio del intercambiador.....	63
Tabla 23. Niveles de servicio del intercambiador alternativas.....	64

## RESUMEN

**Titulo.** Análisis del desempeño operativo de los flujos vehiculares y niveles de servicios en el intercambiador vial avenida Quebradaseca con carrera 15 del municipio de Bucaramanga, a partir de la proyección realizada para su construcción\*.

**Autores:** Zahira Melissa Navarro Cala & Mayra Alejandra González Arciniegas\*\*

**Palabras clave:** Intercambiador, Nivel de servicio, Aimsun, Micro simulación, Movilidad, Alternativas.

La inversión en la infraestructura vial se concibe con el propósito de mejorar los niveles de congestión en las ciudades y mitigar las externalidades negativas generadas por el transporte, es así como en el país en los últimos años se ha realizado un esfuerzo por mejorar hacia la consolidación de una infraestructura congruente con el crecimiento no solo económico sino social de la población, por ello se inician estudios de tráfico necesarios para conocer el funcionamiento óptimo de una vía desarrollada, esto implica unas características generales como buena distribución de flujos vehiculares y tiempos de viaje confortables para los usuarios. La presente investigación busca analizar la concepción, puesta en funcionamiento y operación de la infraestructura vial propuesta en el intercambiador vial Avenida Quebrada Seca con carrera 15 en el municipio de Bucaramanga, obra que se ejecutó y viene funcionando desde el año 2016. Con este análisis se logró evidenciar algunos problemas en la operación del intercambiador lo cual se deriva en altos índices de congestión. Con el fin de optimizar el funcionamiento de la intersección se plantean dos alternativas de solución, las cuales en ningún caso contemplan intervenciones en la infraestructura del intercambiador, sino que se enfocan en organizar los flujos en el sector, y priorizar el transporte público como eje principal para la movilidad de una ciudad.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías fisicomecánicas. Escuela de ingeniería Civil Director: Luis David Arévalo Duran, Especialista en Ingeniería de tránsito.

## ABSTRACT

**Title.** Analysis of the operational performance of the vehicle flows and levels of services in the avenida road exchanger quebradaseca with carrera 15 of the municipality of Bucaramanga, from the projection carried out for construction. \*

**Authors:** Zahira Melissa Navarro Cala & Mayra Alejandra González Arciniegas\*\*

**Keywords:** Exchanger, Service level, Aimsun, Micro simulation, Mobility, Alternatives.

The investment in road infrastructure is conceived with the purpose of improving the levels of congestion in the cities and to mitigate the negative externalities generated by transport, this is how in the country in the last years an effort has been made to improve towards the consolidation of an infrastructure congruent with the growth not only economic but social of the population, for that reason studies of traffic are initiated necessary to know the optimal operation of a developed road, this implies some general characteristics like good distribution of vehicle flows and comfortable times of trip for the users. This research seeks to analyze the design, implementation and operation of the road infrastructure proposed in the road interchange Avenida Quebrada Seca with Carrera 15 in the municipality of Bucaramanga, a work that was executed and has been in operation since 2016. With this analysis it was possible to evidence some problems in the operation of the interchange which derives in high indexes of co-management. In order to optimize the operation of the intersection, two alternative solutions are proposed, which in no case contemplate interventions in the infrastructure of the interchange, but focus on organizing flows in the sector, and prioritize public transport as the main axis for the mobility of a city.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías fisicomecánicas Escuela de ingeniería Civil Director: Luis David Arévalo Duran, Especialista en Ingeniería de tránsito.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo se encuentra en continuo desarrollo y con el pasar de los días se crean alternativas de solución a diferentes problemáticas de la sociedad que buscan optimizar la vida diaria de las personas. El transporte no es ajeno a esta dinámica, algunas de las más importantes innovaciones se dan en materia de infraestructuras vial que busca adecuar y optimizar la movilidad de las ciudades.

Bucaramanga, un municipio en continuo crecimiento, se vio en la necesidad de buscar alternativas para mitigar el crecimiento desmesurado de su parque automotor<sup>1 2</sup>. Tras años de escasas inversiones en infraestructura se provocó un retraso vial en la ciudad, lo cual repercutió de forma negativa en el sistema de transporte de la ciudad. Posteriormente el municipio se vio en la necesidad de realizar estudios que buscaron ampliar, modificar, reestructurar y optimizar la malla vial de la ciudad.

Por tal razón, se dieron importantes inversiones en infraestructura por parte de la administración municipal, derivadas de un estudio técnico en el que se identificaron puntos estratégicos a intervenir en intersecciones críticas de la ciudad<sup>3</sup>. Uno de estos puntos identificados está ubicado en la intersección de la carrera 15 con avenida Quebrada Seca y su zona de influencia. Se buscó evaluar diferentes

---

<sup>1</sup> CORPORACIÓN METROPOLITANA DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO DE BUCARAMANGA. Sub Infraestructura corplan municipio [en línea] disponible en: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/DocumentosExternos/98SubS\\_Infraestructura%20corplan%20municipios.pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/DocumentosExternos/98SubS_Infraestructura%20corplan%20municipios.pdf)

<sup>2</sup> VANGUARDIA LIBERAL Así ha crecido el parque automotor en el área metropolitana de Bucaramanga [en línea] disponible en: <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/asi-ha-crecido-el-parque-automotor-en-el-area-metropolitana-de-bucaramanga-ABVL445775>

<sup>3</sup> CONCEJO DE BUCARAMANGA. Proyecto de Acuerdo No. 127 [en línea] disponible en: [http://www.concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2010/PROYECTO\\_DE\\_ACUERDO\\_127.pdf](http://www.concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2010/PROYECTO_DE_ACUERDO_127.pdf)

alternativas de diseño, las cuales buscaban mejorar la condición de operación de la movilidad en la zona de influencia del proyecto dentro de un análisis detallado en términos de ingeniería de tránsito<sup>4</sup>.

El presente proyecto de investigación busca determinar en qué medida el funcionamiento operativo de los flujos vehiculares y niveles de servicios del Intercambiador Vial Avenida Quebrada seca con Carrera 15 de la ciudad de Bucaramanga, está acorde con el desempeño proyectado para la construcción del mismo.

Para tal fin, se realizó un análisis y caracterización de la movilidad del sector, mediante levantamiento de información de volúmenes vehiculares, estudios de colas e inventarios de señalización de la zona de estudio, entre otros lineamientos establecidos en el desarrollo de esta infraestructura vial. Acto seguido, y con el fin de analizar el estado de la movilidad en el sector, se realizó un modelo de microsimulación con el fin de representar la situación actual de la zona. Posteriormente se plantea un análisis comparativo entre la situación actual y las proyecciones realizadas en este intercambiador, con lo cual se espera identificar si la proyección realizada se ajusta al comportamiento real después de la implementación del intercambiador, y en caso de requerirse generar recomendaciones orientadas al mejorar el funcionamiento del intercambiador.

---

<sup>4</sup> CONCEJO DE BUCARAMANGA Proyecto De Acuerdo No 018 de 2014 [en línea] disponible en: [http://concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2014/PROYECTO\\_DE\\_ACUERDO\\_018.pdf](http://concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2014/PROYECTO_DE_ACUERDO_018.pdf)

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.

El *“Plan Vial y la modernización de la movilidad en el área metropolitana en Bucaramanga en los años 2000”*<sup>5</sup> identificó algunos puntos críticos de movilidad en la ciudad, los cuales albergaban problemáticas como congestión vehicular y alta accidentalidad, las cuales se suman al crecimiento desmesurado del parque automotor en el municipio, lo cual llevó a la administración a implementar estudios que mitigaran estos problemas.

Ante esta situación, el municipio de Bucaramanga mediante el Acuerdo 127 presentado en el año 2010, se adoptó una serie de recomendaciones y propuestas de solución derivadas de un estudio técnico que identificó puntos estratégicos a intervenir para mejorar la movilidad en intersecciones críticas de la ciudad<sup>6</sup>. Uno de los cuatro puntos priorizados en el estudio, es la intersección de la carrera 15 con avenida Quebrada Seca<sup>7</sup>.

La situación de esta intersección se analizó de forma detallada por medio de estudios de tránsito y movilidad vial, en los cuales se evidencia niveles de servicio D y flujos inestables, lo que ocasionaban fuertes disminuciones de la velocidad de operación y altos tiempos de viaje, debido a esto se evaluó la implementación de una solución vial propuesta en escenarios futuros, uno de los cuales se proyectó a un periodo de 5 años, presentando una solución viable la construcción de un

---

<sup>5</sup> “Plan Vial y la modernización de la movilidad en el área metropolitana en Bucaramanga año 2000”. Anexo A

<sup>6</sup> CONCEJO DE BUCARAMANGA. Proyecto de Acuerdo No. 127 Op. Cit.

<sup>7</sup> ALCALDÍA DE BUCARAMANGA Elaboración del estudio de factibilidad y actividades complementarias requeridas para el cobro por el sistema de contribución de valorización del plan vial Bucaramanga competitiva [en línea] disponible en: [http://versionantigua.bucaramanga.gov.co/documents/valorizacion/Informe\\_Actualizacion\\_Final.pdf](http://versionantigua.bucaramanga.gov.co/documents/valorizacion/Informe_Actualizacion_Final.pdf)

intercambiador vial en la zona debido a la disminución de la problemática que allí se encontraba<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Ibíd

## 2. ANTECEDENTES EN LA ZONA.

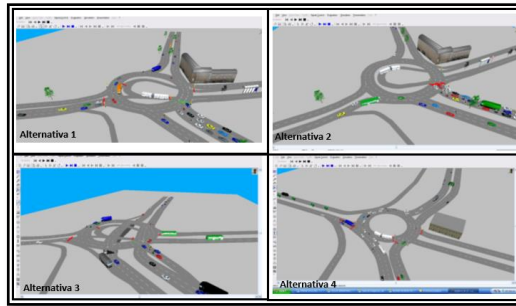
Con el fin de entender los motivos que dieron paso a la concepción de la solución vial en estudio, se realizó una búsqueda de información que nos permitiera identificar los acontecimientos más relevantes del proyecto, lo cuales se presenta a continuación.

En el año 2006 en el marco de la implementación del Sistema Integrado de Transporte Publico (SITP) Metrolínea realizó estudios en diferentes intersecciones del municipio con el objeto de mejorar la infraestructura vial con el fin de lograr un óptimo funcionamiento del sistema. Uno de los puntos de estudio se ubicó en la carrera 15 con Avenida Quebrada Seca, para el cual se desarrollaron estudios que permitieron un dimensionamiento de las estructuras viales en los sectores de la intersección, los cuales buscaban mejorar la movilidad del SITP en sentido de la troncal norte-sur de la ciudad. En el año 2007 se realizó la construcción de carriles exclusivos en las troncales del municipio para la circulación de los buses de transporte masivo, y también se plantearon cuatro alternativas de solución para la zona como se muestra en la Figura 1<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> “Estudio de transito intersección carrera 15 por avenida quebrada seca”. Anexo A.

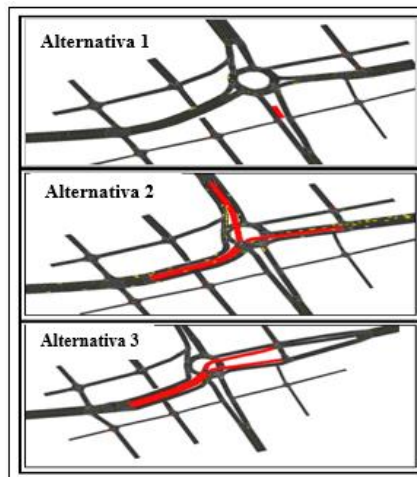
**Figura 1. Alternativas propuestas en el año 2006.**



Fuente: Estudio Metrolínea.

En el año 2009 se realiza el contrato interadministrativo 027/2009 entre la alcaldía de Bucaramanga y la Universidad Industrial de Santander (UIS) en donde se elaboraron inventarios de tráfico, inventario parcial vial y optimización de diseños, y los estudios y diseños de algunas intersecciones para intervención inmediata en donde se presentaron tres alternativas de solución para la zona de estudio como se muestra en la Figura 2<sup>10</sup>.

**Figura 2. Alternativas propuestas en el año 2009.**





Fuente: Estudio UIS-Metrolínea.

---

<sup>10</sup> “Elaboración del inventario de tráfico, del inventario parcial vial y la optimización de los diseños de cinco intersecciones viales del municipio de Bucaramanga”. Anexo A.

Debido a las condiciones de alta demanda de tráfico y la llegada del SITP Metrolínea al municipio, en el transcurso de los años anteriores a la entrega del intercambiador (año 2016), se realizó la construcción de una glorieta en la intersección, pero debido al alto movimiento vehicular en este punto no se logró mejorar la situación y se ocasionaron más problemas en la zona, como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1. Condiciones anteriores de la intersección.**

AÑO	CARRERA 15 AVENIDA QUEBRADA SECA CON CARRERA 15	CONDICIONES
2000-2008		<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ La carrera 15 es la principal arteria vial de la capital santandereana.</li> <li>▲ Zona comercial</li> <li>▲ Plan vial y la modernización de la movilidad en el área metropolitana de Bucaramanga</li> <li>▲ Plan de manejo de tránsito general y señalización de desvíos, punto crítico intersección de la carrera 15.</li> <li>▲ Estudios y dimensionamientos por parte del sistema integrado de transporte público (Metrolínea), en los sectores de la intersección, entrando la propuesta de una glorieta</li> </ul>
2009 a la construcción del Intercambiador		<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ SITM entra en funcionamiento, para la adecuada movilidad en sentido N-S, cambio de la intersección por la glorieta</li> <li>▲ Parqueo de vehículos de carga en la calle, especialmente entre la avenida Quebrada Seca y el Bulevar Santander entre las carreras 15 y 19.</li> <li>▲ Principales casos de accidentes por desobedecer señales, no mantener distancia de seguridad.</li> <li>▲ Formulación de un conjunto de proyectos viales, objetivo dar solución a los problemas generados por el tráfico de los vehículos de</li> <li>▲ Proyecto : Intersección a nivel avenida Quebrada Seca – transversal de Los Cerros, conexión Oriente – Floridablanca, arterial primaria.</li> <li>▲ El proyecto vial Troncal Metropolitana Norte-Sur, se hace la fusión de dos corredores, el corredor vial de la Carrera Novena y el Corredor del Sur</li> <li>▲ En 2010 se registraban 359.760 vehículos</li> <li>▲ En total, los últimos nueve años el aumento del parque automotor en Bucaramanga y su área metropolitana creció en un 95% , según los datos del Registro Único Nacional de Tránsito. ( 707.128)</li> </ul>

En el año 2010 se realizó un informe de actualización, elaboración y estudios de factibilidad y actividades complementarias de la zona en estudio<sup>11</sup>, al igual que también se presentó el proyecto acuerdo 127 donde se declara el cobro de la

<sup>11</sup> CORPORACIÓN METROPOLITANA DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO DE BUCARAMANGA. Op. Cit.

valorización de diferentes obras importantes viales de la ciudad en la cual el intercambiador de la carrera 15 con quebrada seca en encuentra en proceso de adquisición<sup>12</sup>.

En agosto de 2013 el intercambiador vial de la avenida Quebrada Seca con carrera 15 se valorizo con un costo de \$11.000.000.000, según datos entregados por la secretaría de infraestructura del municipio<sup>13</sup>. En mayo del siguiente año el alcalde recibió la autorización para comprometer vigencias futuras, según el Acuerdo N18 de 2014, para la ejecución de proyectos de infraestructura vial <sup>14</sup>. En noviembre del año 2014 JHG consultor realiza la consultoría para ejecutar y ultimar tramites de enajenación voluntaria y asesoría en la etapa de expropiación por vía administrativa de los predios requeridos para el proyecto del intercambiador <sup>15</sup>.

En el mes de enero del año 2015 se entrega un reporte del avance en el contrato, de la licitación del intercambiador vial de la avenida Quebrada Seca con carrera 15 <sup>16</sup>, una vez surtidos los trámites para adjudicar el contrato de la ejecución de la obra se dio inicio a la construcción del intercambiador en el mes de marzo de 2015, en septiembre se reporta un avance de 45% de su ejecución<sup>17</sup>, y para diciembre del año 2016 se realiza la entrega del intercambiador <sup>18</sup>.

---

<sup>12</sup> CONCEJO DE BUCARAMANGA Proyecto De Acuerdo No 018 de 2014 Op. Cit.

<sup>13</sup> ALCALDÍA DE BUCARAMANGA “Intercambiador Vial Avenida Quebradaseca–Carrera 15 entrará en ejecución la próxima semana.” [en línea] disponible en: <http://versionantigua.bucaramanga.gov.co/Prensa/post/2013/08/27/Intercambiador-Vial-Avenida-Quebradaseca-Carrera-15-entrara-en-ejecucion-la-proxima-semana.aspx>

<sup>14</sup> VANGUARDIA LIBERAL Así ha crecido el parque automotor en el área metropolitana de Bucaramanga Op. Cit.

<sup>15</sup> CONTRALORIA MUNICIPAL BUCARAMANGA.” Informe final mega obras vigencia 2015 [en línea] disponible en: <file:///C:/Users/Zahira/Desktop/entrega%20final%20proyecto%20grado/01.DOCUMENTOS/INFORME%20FINAL%20MEGA%20OBRAS%20VIGENCIA%202015.pdf>

<sup>16</sup> CONCEJO DE BUCARAMANGA. Proyecto de Acuerdo No. 127 Op. Cit.

<sup>17</sup> VANGUARDIA LIBERAL Obras en la Quebradaseca con carrera 15 están en 45%. [en línea] disponible en: <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/obras-en-la-quebradaseca-con-carrera-15-estan-en-45-DCvI327613>

<sup>18</sup> VANGUARDIA LIBERAL Intercambiador vial de la 15 de Bucaramanga se entrega esta semana.” [en línea] disponible en: <https://www.vanguardia.com/area->

Cabe resaltar que el intercambiador recibió un premio por parte de Cemex, compitiendo con 46 obras nacionales en la categoría espacio colectivo <sup>19</sup>. De la misma forma en el mes de abril de 2020 recibió un reconocimiento por su diseño urbano y arquitectura del paisaje, haciendo que la zona se reinstale orgánicamente al tejido urbano saneándola y dignificándola <sup>20</sup>.

Estos acontecimientos importantes que se dieron a lo largo del tiempo proporcionan la información necesaria, para determinar la viabilidad del intercambiador. Con la intención de conocer como es el desempeño operativo de la infraestructura se realizará un diagnóstico de niveles de servicio y flujos vehiculares presentes en la zona hoy en día; a partir de las proyecciones que se realizaron para la construcción del intercambiador, permitiendo evidenciar por medio de comparaciones de variables de estudio si se suplieron las necesidades por el cual fue ejecutada la alternativa del intercambiador.

La presente investigación buscar realizar un análisis al intercambiador vial de la carrera 15 con quebrada seca en el cual se busca dar respuesta al siguiente interrogante.

***¿La implementación de proyectos de infraestructura vial para solventar problemáticas de movilidad como la congestión, accidentes y malas distribución de flujos vehiculares en la ciudad, suplen las necesidades según las proyecciones realizadas que conllevaron a su ejecución?***

---

metropolitana/bucaramanga/intercambiador-vial-de-la-15-de-bucaramanga-se-entrega-esta-semana-CRVL384215

<sup>19</sup> VANGUARDIA LIBERAL “Cemex premió el intercambiador de la quebrada seca.” [en línea] disponible en: <https://www.vanguardia.com/informes-comerciales/informacion-comercial/cemex-premio-el-intercambiador-de-quebradaseca-KFVL409102>

<sup>20</sup> ARQUITECTURA PANAMERICANA Categoría diseño urbano y arquitectura del paisaje. [en línea] disponible en: [http://www.arquitecturapanamericana.com/intercambiador-vial-quebrada-seca-con-carrera-15/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=intercambiador-vial-quebrada-seca-con-carrera-15](http://www.arquitecturapanamericana.com/intercambiador-vial-quebrada-seca-con-carrera-15/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=intercambiador-vial-quebrada-seca-con-carrera-15)

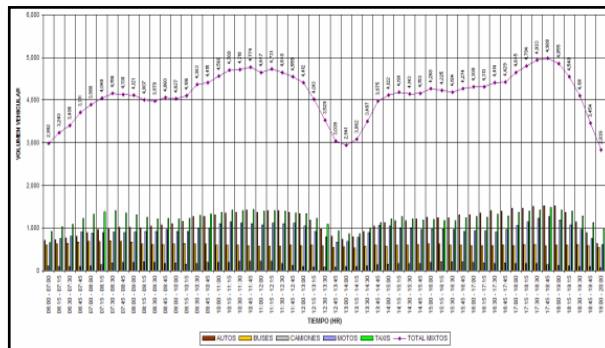
Para ello se presenta una serie de resultados encontrados en este proceso de recolección de datos de la información secundaria, en el cual se podrá hacer dicha comparación de las proyecciones que se obtuvieron con la construcción de este.

### 3. DISEÑOS PROPUESTOS

A continuación, en las tablas y figuras se encontrará el inventario vial de la zona de estudio realizado en el año 2009 por el sistema integrado de transporte masivo Metrolínea y la UIS, donde se aprecia la composición y flujos vehiculares existentes, las velocidades, niveles de servicio proyectados a veinte años, perfiles viales y señales que se emplearon para los estudios del intercambiador.

En la figura 3 se aprecia la distribución horaria de los volúmenes de tránsito en la zona, en los estudios presentados en el año 2009 con los que se obtiene la hora pico en la tarde de 17:30 hasta las 18:30

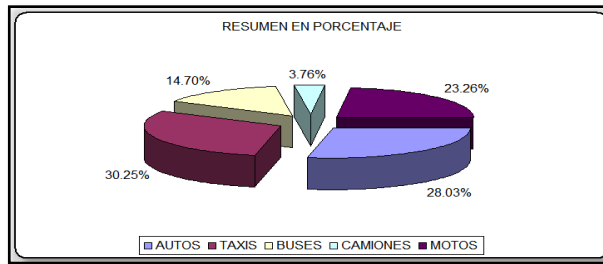
**Figura 3. Distribución horaria de los flujos vehiculares de estudio año 2009.**



Fuente: SITP Estudio de tránsito intersección carrera 15 por avenida quebrada seca.

La composición vehicular que se presentaba en la intersección en el año 2009 estaba compuesta por 30.25% de taxis, 17.70% de buses, 3.76% de camiones, 23.26% de motos y 28.03% autos como se aprecia en la Figura 4.

**Figura 4. Composición vehicular de la zona de estudio en el año 2009.**



Fuente: SITP Estudio de tránsito intersección carrera 15 por avenida quebrada seca.

La Tabla 2 muestra las velocidades y niveles de servicio en la zona en el año 2009, al igual que las proyecciones para los veinte años de funcionamiento del intercambiador.

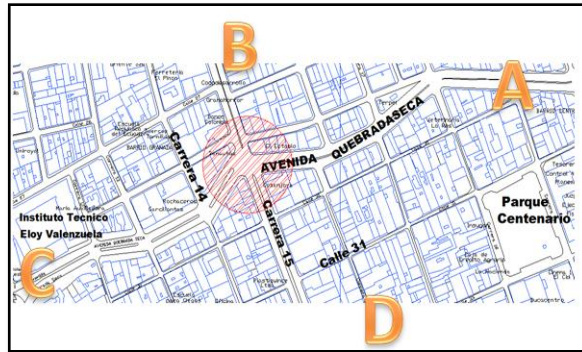
**Tabla 2. Niveles de servicio estudio año 2009.**

CORREDOR	O-D	DATOS (2009)	PROYECTADOS A 20 AÑOS	
		Velocidad (km/hr)	Velocidad (km/hr)	NDS
Quebradseca E - Cra 15 N	A-B	18.5	25.6	C
Quebradseca E - Quebradaseca W	A-C	21.1	32.7	C
Cra 15 S - Cra 15 N	D-B	11.8	22.2	D
Cra 15 S - Quebradseca E	D-A	15	23.3	D
Quebradseca W - Quebradaseca E	C-A	14.6	36.6	B
Quebradseca W - Cra 15 S	C-D	15.3	20.7	D
Quebradseca W - Cra 15 N	C-B	15.5	24.8	D
Cra 15 N - Cra 15 S	B-D	14.2	20.7	D
Cra 15 N - Quebradaseca W	B-C	16.8	23.5	D
Cra 15 N - Quebradaseca E	B-A	***	21.4	D

Fuente: SITP Estudio de tránsito intersección carrera 15 por avenida quebrada seca.

En la figura 5 se encuentran las referencias que se tuvieron en cuenta para los recorridos de origen y destino en el análisis de los niveles de servicio siendo A (carrera 19 con avenida quebrada seca), el punto B (calle 24 con carrera 15), el punto C (carrera 11 con avenida quebrada seca) y el punto D (calle 32 con carrera 15).

**Figura 5. Referenciación origen destino de acuerdo a la tabla anterior.**



En la Tabla 3 puede evidenciar que, en el inventario vial, en el año 2009, el estado del pavimento no se encontraba en las mejores condiciones ni las demarcaciones en las vías, esto también es un factor importante para una buena movilidad en la zona de estudio.

**Tabla 3. Inventario vial año 2009.**

INVENTARIO VIAL							
Subtramo	Nº de calzadas	Nº de carriles	Ancho de carril	Ancho de separador	Tipo pavimento	Estado pavimento	Estado demarcación
Kra 15 desde la Virgen a Boulevard Bolivar	2	4	3,5	1	Flexible	Malo	Mala
Kra 15 desde el Boulevard Bolivar hasta la Cll 24	2	4	4,2	1	Flexible	Malo	Mala
Kra 15 desde la Cll 24 hasta Quebrada Seca	2	5	3,0 en la calzada occidental y 4.20 en la oriental	1	Flexible	Malo	Mala
Kra 15 Quebrada seca al sur	2	4	3.5	2	Rigido	Bueno	Bueno
Avenida Quebrada Seca desde Kra 15 hasta Kra 9	2	6	3,2	1	Flexible	Bueno	Regular

Fuente: SITP Estudio de transito intersección carrera 15 por avenida quebrada seca.

El estudio hecho para el reconocimiento de la señalización en el año 2009, el 88% de las señales se encontraban en estado bueno, como se observa en la Tabla 4.

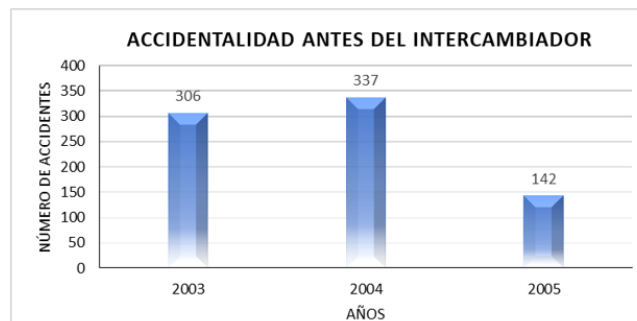
**Tabla 4. Señalización estudio año 2009.**

INVENTARIO DE SEÑALES				
NO. SEÑAL	CÓDIGO	ABSCISADO	SENTIDO	ESTADO
1	SR - 10	Diagonal 15 Calle 24	Sur - Norte	Bueno
2	SR - 06	Diagonal 15 Av. Que. Seca	Norte - Sur	Bueno
3	SR - 06	Quebrada Seca Kra 15	Oriente - Occidente	Regular
4	SR - 10	Quebrada Seca Kra16	Occidente - Oriente	Bueno
5	SR - 10	Quebrada Seca Kra17	Oriente - Occidente	Bueno
7	SR - 06	Q.Seca - Cra 15	Oriente - Occidente	Regular
8	SR -10	Q.Seca - Kra 15	Separador-Occidente - Oriente	Bueno
9	SR -10	Q.Seca - Kra 17	Separador-Occidente - Oriente	Bueno
10	SR -10	Q.Seca - Kra 18	Semaforo - Occidente - Oriente	Bueno
11	SR - 10	Q.Seca - Kra 18	Separador - Oriente - Occidente	Bueno
12	SR -10	Q.Seca - Kra 19	Semaforo - Occidente - Oriente	Bueno
13	SR-01	Cll 30 con Kra .15	Occidente -Oriente	Bueno
14	SI-24	Kra .15 No.30-20	Norte - Sur	Bueno
15	SI-24	Kra .15 No.30-35	Sur - Norte	Bueno
16	SR-01	Cll. 31 con Kra . 15	Occidente - Oriente	Bueno
17	SR-01	Cll. 31 con Kra . 15	Oriente - Occidente	Bueno

Fuente: SITP Estudio de transito intersección carrera 15 por avenida quebrada seca.

Frente a la accidentalidad presente en la zona para los años anteriores a la construcción del intercambiador como se observa en la Figura 6, se muestran valores no constantes de crecimiento.

**Figura 6. Accidentes antes del Intercambiador.**



Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga

Con ello se da inicio al siguiente objetivo que es la recolección de la información primaria para realizar la comparación de estos resultados y así lograr identificar si

se está desempeñando según las proyecciones realizadas de dicho intercambiador en la zona.

#### **4. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La caracterización de la zona de estudio se llevó a cabo inicialmente mediante información secundaria en donde se realizó una revisión bibliográfica para determinar las variables de estudio para realizar una comparación entre las proyecciones usadas y las actuales. Luego se realizó una visita preliminar del sector de estudio para determinar las características generales de la zona y así poder definir la zona de influencia del proyecto.

Una vez se establecen las características generales del sector en estudio, se definieron actividades de campo para determinar la geometría de las vías, perfiles viales, estado de los andenes y calzadas, señalización horizontal y señalización vertical. Todo esto con el fin de realizar un inventario y determinar si todo estaba acorde con la norma. Asimismo, se identificaron los volúmenes vehiculares en un día típico, colas vehiculares y tiempo semafóricos para realizar el modelo de micro simulación, con el fin de determinar si la operación del intercambiador esta adecuado a las proyecciones realizadas.

## 5. UBICACIÓN

El sector en estudio se encuentra ubicado en la carrera 15 con Quebrada Seca, en el centro del municipio de Bucaramanga departamento de Santander y es un punto de conexión de algunos de los corredores de conexión más importantes en sentido norte-sur y oriente-occidente de la ciudad <sup>21 22</sup>. El intercambiador será un nodo articulador de la ruta pre troncal que viene desde la estación de cabecera del Norte por la carrera 15 hasta la avenida Quebrada Seca y la ruta troncal por la carrera 15, diagonal 15 y autopista a Floridablanca, une este punto con las Estaciones de Cabecera de Floridablanca y Piedecuesta <sup>23 24</sup>.

En la Figura 7 se muestra la ubicación del sector en estudio.

**Figura 7. Ubicación del sector en estudio.**



Fuente: Google Maps.

<sup>21</sup> CONCEJO DE BUCARAMANGA. Proyecto de Acuerdo No. 127 Op. Cit.

<sup>22</sup> REVISTA EL CRISOL. Intercambiador vial avenida quebradaseca carrera 15 entrara en ejecución la próxima semana [en línea] disponible en: <http://revistaelcrisol.com/intercambiador-vial-avenida-quebradaseca-carrera-15-entrara-en-ejecucion-la-proxima-semana/>.

<sup>23</sup> UNIDAD DE MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE. Informe de empalme [en línea] disponible en: [file:///C:/Users/usuario/Downloads/INFORME\\_EMPALME\\_umus\\_1\\_08\\_2018.pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/INFORME_EMPALME_umus_1_08_2018.pdf).

<sup>24</sup> CONSTRUCCION DEL INTERCAMBIADOR VIAL AVENIDA QUEBRADA SECA CARRERA 15 Ley 388 de 1997, Decreto número 0235 de 2012, Municipio de Bucaramanga.

## 5.1 ZONA DE INFLUENCIA

La zona de influencia fue determinada con base en el reconocimiento previo del sector en estudio, observando hasta que puntos se concentraban los vehículos sobre la vía, las colas de carros ocasionadas por la congestión en la zona y teniendo en cuenta los semáforos que se encontraban cercanos al intercambiador. Se estableció la zona delimitada de norte a sur desde el bulevar Santander hasta la calle 31 con carrera 15 y de este a oeste desde la carrera 19 hasta la carrera 12 con avenida quebrada seca, cubriendo un área total de 319710 m<sup>2</sup>. En la Figura 8 se observa el área comprendida entre las calles y las carreras mencionadas anteriormente.

**Figura 8. Zona de influencia y caracterización de la malla vial del sector de estudio.**



## 5.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MALLA VIAL

La caracterización de la malla vial permitió observar de forma detallada el estado en que se encuentran actualmente los perfiles viales, la señalización (horizontal,

vertical) y la operatividad vehicular, comprobando las procedencias de los conflictos de movilidad en que se ven involucrados los beneficiarios de las vías de la zona de influencia en estudio.

**5.2.1 Jerarquización vial.** La jerarquización vial es un parámetro significativo que permite conocer la caracterización, clasificación de un corredor vial, la velocidad permitida y los tipos de vehículos que pueden circular en él; en la ciudad de Bucaramanga esta clasificación se encuentra definida en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT). La malla vial existente en la zona de influencia se encuentra clasificada en vías arteriales secundarias y urbanas. En la figura 9 se observa la clasificación de las vías de la zona de influencia.

**Figura 9. Jerarquía Vial de la zona de influencia.**



**5.2.2 Infraestructura vial.** Para la caracterización de la infraestructura vial, se realizó un estudio del cumplimiento de los perfiles viales normativos establecidos en el POT municipal para la zona en estudio. Habiendo identificado los diferentes perfiles, se procede a verificar el cumplimiento en campo, registrando sus respectivas dimensiones para la posterior verificación y análisis.

Se hizo también un levantamiento aéreo en campo mediante un vuelo con dron. En el levantamiento se pudo identificar algunas características que se presentaban en la identificación de los perfiles como parte de algunas señales horizontales al igual que el estado del pavimento; se identificaron aspectos geométricos, como las medidas de ancho de calzada, ancho de carril y número de carriles mediante una imagen orto-mosaico que se obtuvo de este levantamiento.

Por otro lado, también se verificó en campo el registro de medidas como: la altura de separadores, señalización vertical, anchos, alturas de andenes y rampas.

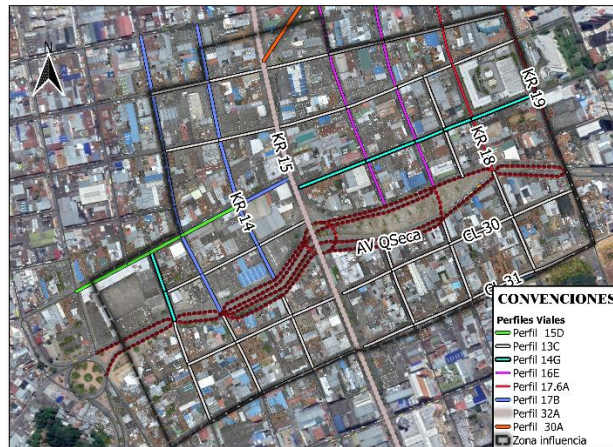
En la Tabla 5 se muestran los perfiles viales correspondientes a la zona de estudio, con la respectiva verificación de cumplimiento. La información detallada de la evaluación se presenta en el Anexo B.

**Tabla 5. Perfiles viales.**

	Valores normativos			Cuadras de la zona de influencia	Cumplimiento			CUMPLIMIENTO GENERAL DEL PERFIL	
	A		B		A		B	CUMPLE	NO CUMPLE
	F.C + F.A	Calzada	F.A + F.C		CUMPLE				
Perfil 13 C	3	7	3	68	13%	37%	22%	24%	76%
Perfil 17 B	5	7	5	11	0%	100%	0%	33%	67%
Perfil 14 G	3	8	3	7	0%	86%	14%	33%	67%
Perfil 17.6 A	4	9,6	4	7	14%	43%	0%	19%	81%
Perfil 16 E	4	8	4	7	14%	86%	0%	33%	67%
Perfil 30 A	4,5	9	4,5	1	100%	0%	0%	33%	67%
Perfil 15 D	4	7	4	3	0%	100%	67%	56%	44%
Perfil 32 A	5	10	5	4	0%	0%	25%	8%	92%

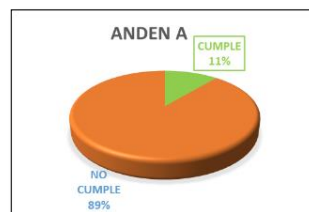
La Figura 10 representa la localización de los perfiles viales encontrados en la zona de influencia según el Plan de Ordenamiento Territorial de Bucaramanga.

**Figura 10. Perfiles viales en la zona según el POT.**

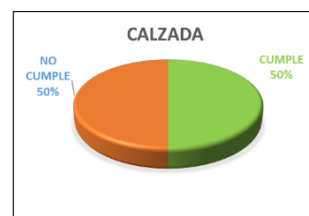


El análisis realizado determinó que un porcentaje alto de los perfiles viales no cumplen en su totalidad con lo definido en el POT, encontrándose mayor déficit en la infraestructura peatonal de tipo A, para la cual el 89% de los andenes no cumple. En el caso de la calzada encontramos que el 50% de la infraestructura vial incumple lo definido, y para el andén de tipo B nuevamente se evidencia un porcentaje muy elevado con un incumplimiento del 82%.

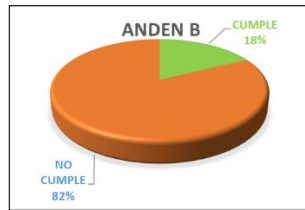
**Figura 11. Anden A.**



**Figura 12. Calzada**



**Figura 13. Anden B**



**5.2.3 Estado del pavimento.** De acuerdo con la información levantada en campo, se comprobó que existe infraestructura vial con algunos daños que pueden entorpecer la movilidad de la zona en estudio. Por este motivo, se realizó un inventario de daños en la carpeta asfáltica, identificando los puntos donde existen daños en la infraestructura; se clasificaron diferentes fallas existentes en el pavimento, de acuerdo a lo establecido en el Manual para el Reconocimiento Visual de Pavimentos Flexibles<sup>25</sup> y el manual de reconocimiento visual de pavimentos rígidos<sup>26</sup>. Se encontraron ° daños: baches, bacheos, fisuras, tapas de alcantarilla, piel de cocodrilo y cemento sobre el pavimento entre otros.

En la Figura 14 se pueden apreciar los daños por tipo de pavimento encontrados en la zona. Información más detallada del estudio se encuentra documentada en el anexo C.

---

<sup>25</sup> INVIAS, Manual de Inspección visual de pavimentos flexibles, 2006

<sup>26</sup> INVIAS, Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, 2006 p. 58

**Figura 14. Localización daños de pavimento rígido y flexible en la zona de estudio**



En la tabla 6, se muestran los diferentes tipos de daños del pavimento encontrados, indicando de igual el grado de deterioro en el que se encuentra según el tipo de daño evidenciado. En total identificaron 85 daños en el pavimento flexible de la zona de estudio.

**Tabla 6. Daños en el pavimento flexible**

Tipo de Daño	Leve	Severo	Critico	Total
Bache	1	8	0	9
Bacheo	28	1	0	29
Fisuras	8	0	0	8
Tapa de alcantarilla	16	0	0	16
Piel de cocodrilo	0	2	0	2
Cemento sobre pavimento	21	0	0	21
				85

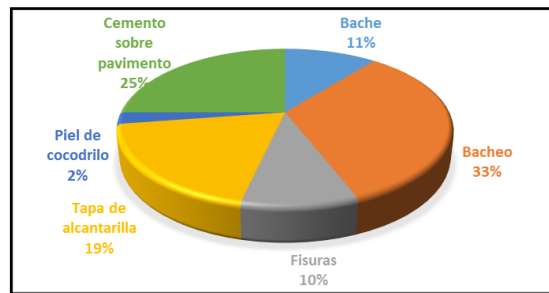
En la Tabla 7 se puede observar los daños identificados en el pavimento rígido, los cuales son significativamente menores a los encontrados en el pavimento flexible debido a la existencia de un número reducido de tramos construidos en este material.

**Tabla 7. Daños en el pavimento rígido**

Tipo de Daño	Leve	Severo	Critico	Total
Bache	0	1	0	1
Bacheo	3	0	0	3
Tapa de alcantarilla	3	0	0	3
Cemento sobre pavimento	1	0	0	1
				8

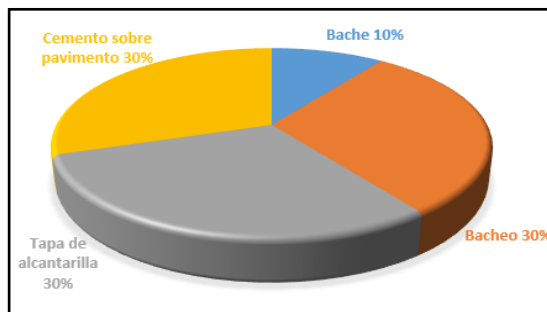
En la Figura 15 se representa en porcentaje los daños del pavimento flexible, siendo el bacheo uno de los principales daños con el 33% en el pavimento, al igual que el cemento sobre el pavimento con un 25% pero en condiciones leves.

**Figura 15. Porcentajes según el daño pavimento flexible.**



Los daños del pavimento rígido, como se muestra en la Figura 16 de los cuatro tipos de daños existentes, tres de ellos representan el mismo porcentaje 30% en condiciones leves, el faltante que es el bache representa solo un 10% es estado severo.

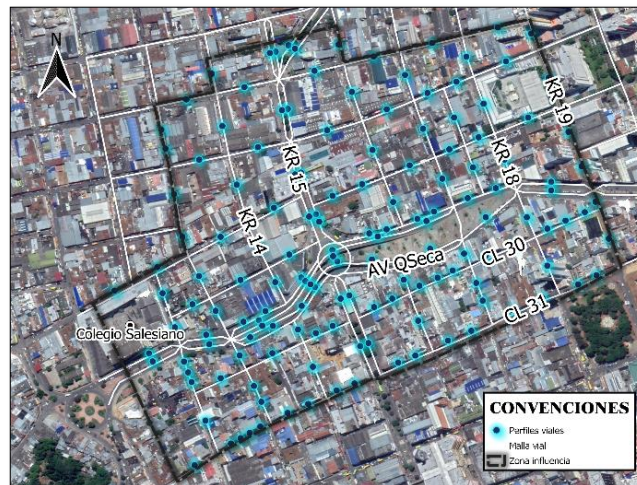
**Figura 16. Porcentajes según pavimento rígido.**



**5.2.4 Andenes y rampas.** De igual forma se realizó un inventario de infraestructura peatonal, el cual buscó establecer las dimensiones y estado de la misma, se tomaron medidas de altura y ancho. Igualmente, se identificó el tipo de material y el estado de operación. Adicionalmente se registraron los obstáculos presentes a lo largo de esta infraestructura peatonal como: postes, escalones, bancas, árboles y rampas, que impiden el correcto funcionamiento de la misma. Para ver más detalle del levantamiento realizado, consultar el Anexo D.

El mapa representado a continuación muestra la localización de cada uno de los puntos que se tomaron en campo para el análisis de andenes, rampas y obstáculos, logrando de igual forma la identificación de los perfiles viales como se ve en la Figura 17.

**Figura 17. Levantamiento y ubicación de perfiles viales de la zona.**



En la Tabla 8 se muestra el levantamiento de andenes, se encontraron 122 andenes en los que se identificó que el material de estos está distribuido con 97% de los andenes de concreto, el 3% vitrificado.

**Tabla 8. Materiales de andenes.**

MATERIAL DE LOS ANDENES	
Concreto	118
Vitrificado	4
Total	122

En el análisis de los obstáculos en los andenes se encontraron los siguientes resultados mostrados en la Tabla 9.

**Tabla 9. Obstáculos en los andenes.**

OBSTACULOS EN LOS ANDENES				
Postes	Escalones	Bancas	Arboles	Rampas
244	130	18	212	185

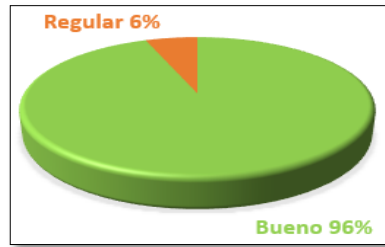
**Figura 18. Obstáculos en los andenes.**



Por otro lado, es importante conocer el estado de estos andenes, clasificándolos como: buenos que se encuentra en un excelente estado, regulares que les falta mantenimiento y malos en malas condiciones estos se verificaron de acuerdo a su apariencia y revisión en campo que fueran viables para el peatón.

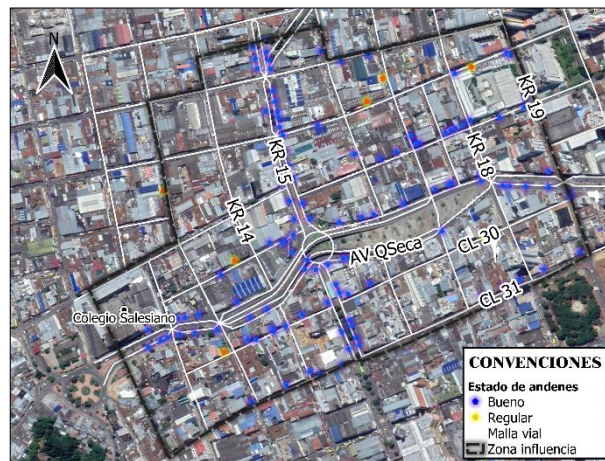
Como se puede observar en la Figura 19 los andenes en su mayoría se encuentran en buen estado, lo que garantiza que el peatón tenga un espacio seguro.

**Figura 19. Estado de andenes.**



A continuación, en la Figura 20 se representa la localización de los estados de los andenes tanto buenos como regulares, información que fue registrada en campo.

**Figura 20. Localización de estado de los andenes**



Adicionalmente se realizó un análisis enfocado al estado de las rampas en la zona de influencia, en donde se encontraron 124 rampas de las cuales en su gran mayoría cumplen con las especificaciones propuestas en la Norma Técnica Colombiana NTC4143; se resalta que se encuentran bien construidas y en buenas condiciones, pero se hace la observación de que en algunos sectores de la zona no hay rampas que aseguran la óptima accesibilidad en la movilidad del peatón. A continuación, se observa la Tabla 10 los datos tomados según el sentido vial, y su estado de cumplimiento.

**Tabla 10. Rampas en la zona de influencia.**

RAMPAS		
	CUMPLE	NO CUMPLE
Rampa A	67	2
Rampa B	54	1

TOTAL RAMPAS	
CUMPLE	121
NO CUMPLE	3

**5.2.5 Señalización.** De acuerdo con lo determinado en el manual de señalización vial<sup>27</sup> se revisan las señales horizontales tomando medidas correspondientes a cada dimensión propuesta por norma y se clasifico su estado en bueno, regular o malo; donde bueno son señales que cuentan con una excelente pintura y en buen estado, regular señales que tienen detrimentos o desgastes en la pintura y malo las que no son claras al usuario. Los resultados de este levantamiento de la señalización se muestran en el Anexo E.

En la Figura 21 se observan las 196 señales localizadas en campo, mostrando su respectiva clasificación y evaluación.

**Figura 21. Localización y clasificación de señales horizontales.**



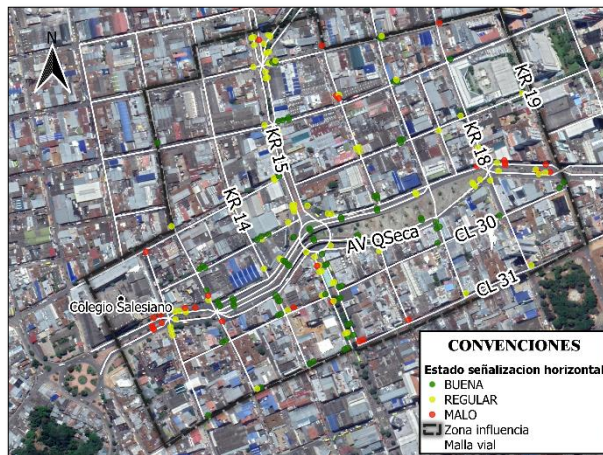
<sup>27</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE, Manual De Señalización Vial Dispositivos Uniformes Para La Regulación De Tránsito En Calles, Carretras Y Ciclorrutras De Colombia, J. Phys. A Math. Theor., vol. 44, no. 8, p. 085201, 2015

De estas señales horizontales, se encontró en su análisis porcentual los siguientes valores como se observa en la Tabla 11 de acuerdo al estado, también en la Figura 22 presentado en la recolección de información en campo.

**Tabla 11. Estado de señales horizontales.**

ESTADO DE SEÑALES HORIZONTALES			
No Señales	BUENA	REGULAR	MALA
196	42%	43%	15%
196	82	84	30

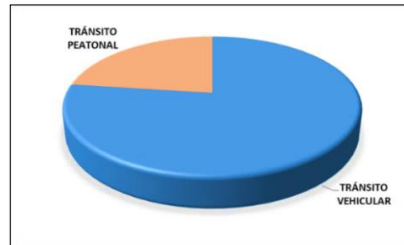
**Figura 22. Estado de las señales horizontales.**



El análisis de tránsito vehicular y tránsito peatonal que hace uso de la señalización horizontal fue calculado con la información recolectada en campo, se encuentra expuesta a continuación en la Figura 23.

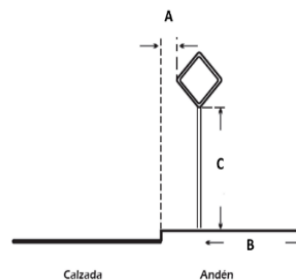
**Figura 23. Tránsito vehicular y tránsito peatonal.**

TRÁNSITO VEHICULAR	TRÁNSITO PEATONAL
77%	23%



Por otro lado, al igual que las señales horizontales se procedió a analizar la señalización vertical, respecto a su clasificación como lo son reglamentarias, preventivas, transitorias e informativas. De igual forma se registró el estado actual de cada señalización como: bueno, regular o malo; en el cual bueno representa un tablero, letras y pintura en excelente estado, regular señales con algún desgaste y malo aquellas que no son explícitas. Además, se registró de distancias A, B, C que corresponden a la altura del tablero, separación entre calzada y la señal y el ancho del sendero peatonal respectivamente como se observa en la Figura 24. Ver Anexo F.

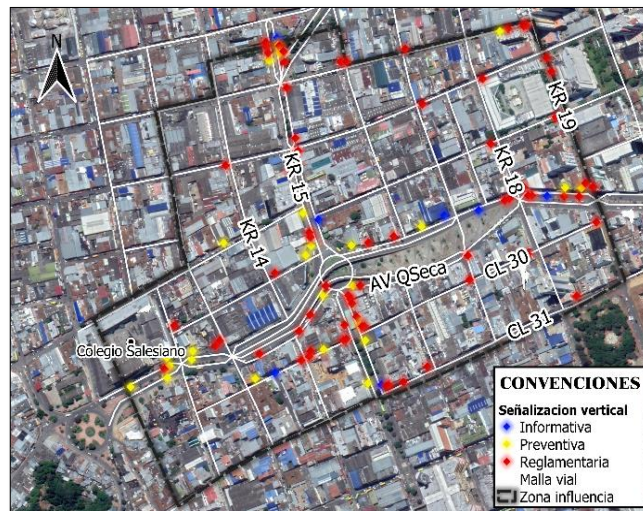
**Figura 24. Representación de medidas tomadas para caracterización señales verticales**



A continuación, se muestra en la Figura 25 la ubicación de las 103 señales verticales encontradas en la zona de influencia, clasificadas por tipo de señal.

De estas 103 señales verticales, se encontraron 68% señales reglamentarias, 25% preventivas y 7% señales informativas.

**Figura 25. Localización de tipo de señales verticales.**

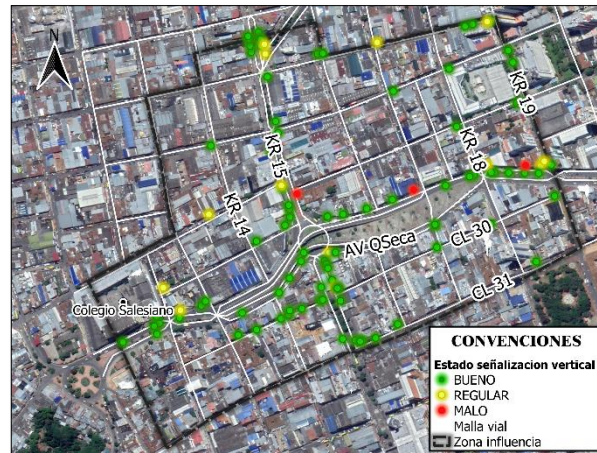


En la Tabla 12 se muestra el porcentaje encontrado en las señales verticales según su estado, en la Figura 26 se representa la ubicación de las señales de acuerdo a su estado.

**Tabla 12. Estado de señales verticales.**

N° SEÑALES	BUENO	REGULAR	MALO
103	84%	13%	3%
103	87	13	3

**Figura 26. Localización del estado de las señales verticales.**

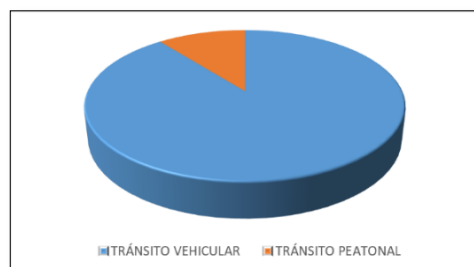


Cabe resaltar que la mayoría de estas señales se encuentran en un buen estado, dado que la zona necesita de estas por el alto flujo de vehículos y personas que transitan.

En el análisis de la zona también se revisó el tránsito peatonal que hace uso de la señalización vertical, mostrando que el ciudadano también transita por la zona, se expone a continuación en la Figura 27.

**Figura 27. Tránsito vehicular y tránsito peatonal.**

TRÁNSITO VEHICULAR	TRÁNSITO PEATONAL
89%	11%



**5.2.6 Accidentalidad.** Por violación a la velocidad, la principal causa de accidentes, resultado muertes y en otros casos graves heridas. Los motociclistas siguen siendo

los conductores que más cometen esta violación del Código de Tránsito y también representan la mayor cantidad de víctimas.

En la siguiente Figura 28 se encuentra datos de accidentalidad presentados en el área metropolitana de Bucaramanga, resaltando que la zona que estamos estudiando cuenta con 10% de los accidentes.

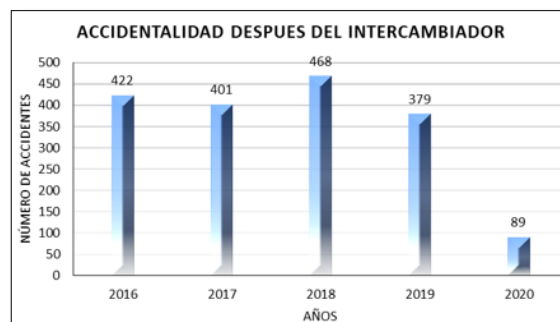
**Figura 28. Accidentalidad en los últimos años en el área metropolitana de Bucaramanga.**



Fuente: Vanguardia Liberal

En cuanto la accidentalidad en el intercambiador en función de datos según la Dirección de Tránsito de Bucaramanga, se muestran valores no constantes, pero precisando los últimos años donde existe una disminución de los accidentes en el sitio.

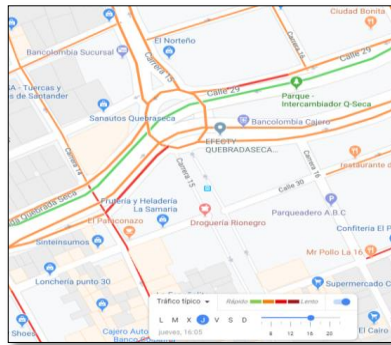
**Figura 29. Accidentes luego del Intercambiador**



Fuente: Dirección de tránsito de Bucaramanga.

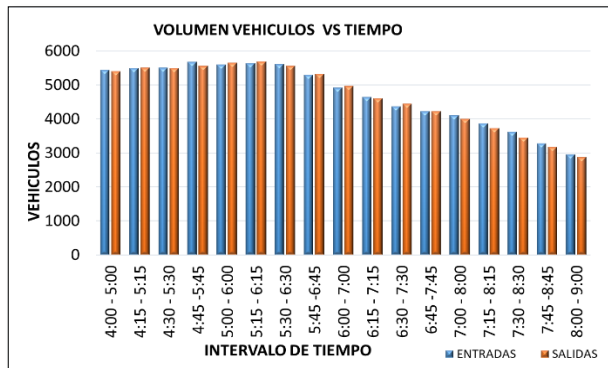
**5.2.7 Aforos Vehiculares.** Inicialmente se hizo un aforo en la glorieta y el puente en un día típico martes (19 de noviembre de 2019) compuesto de cinco horas de acuerdo a un análisis proporcionado en los aforos cuando se hizo el diseño del intercambiador, al igual que de forma práctica y el que nos proporcionó Google traffic. Se logró establecer que el periodo de mayor concentración de flujos vehiculares en el sector se da en el periodo de la tarde, y con el fin de identificar la hora exacta de máxima demanda se estableció realizar un levantamiento de información entre el periodo comprendido entre las 04:00 pm y las 09:00 pm, con el fin de obtener suficiente información para identificar la hora pico del sector. Para ver información detallada sobre el levantamiento ver Anexo G.

**Figura 30. Tráfico presentado en el intercambiador un día típico.**



Fuente: Google Traffic.

**Figura 31. Volumen vehicular en aforo de cinco horas.**



Con el fin de identificar y analizar el comportamiento de los flujos vehiculares y la hora pico en el sector, se realizó la conversión a vehículos equivalentes, considerando los factores de equivalencia establecidos en Manual de Diseño Geométrico de carreteras 2008 como se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13. Factores de equivalencia.**

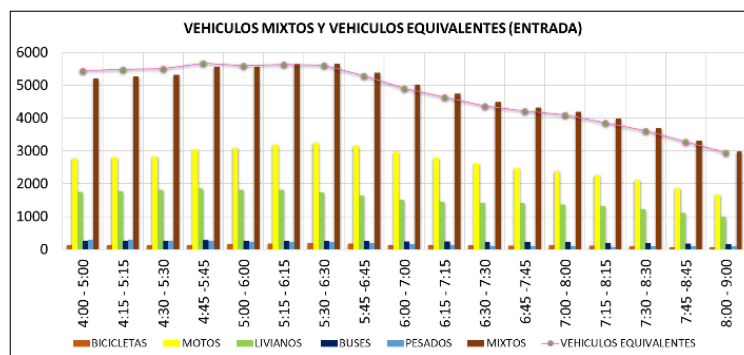
Modo	F. E
Bicicleta	0.5
Moto	0.75
Liviano	1
Bus	2.8
Camión	2.8

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras. (2008) Colombia.

Una vez hecho este aforo, y obtenidos los vehículos equivalentes se puede identificar la hora pico, en la que el intercambiador funciona con mayor flujo vehicular.

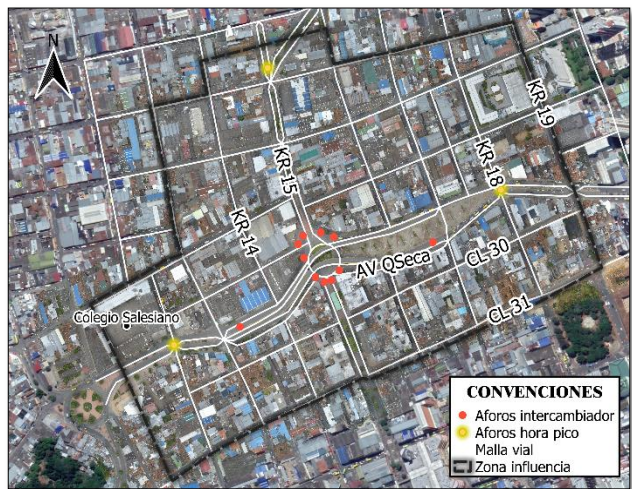
Se encontró que la hora pico es de 5:15 a 6:15 pm una vez distinguido este mayor flujo, se identificaron las intersecciones donde inician a producirse estos grandes flujos. Ver Anexo H.

**Figura 32. Distribución horaria de vehículos mixtos y equivalentes.**



Conocida la hora de máxima demanda se hace un nuevo aforo el día típico miércoles (4 febrero de 2020) en tres intersecciones con mayor flujo vehicular y puntos estratégicos para el desarrollo del estudio. Las intercesiones donde se tomó el aforo fueron en la carrera 18 con avenida quebrada seca, en la carrera 12 con avenida quebrada seca, y en la intersección del bulevar Santander, cabe resaltar que estas intersecciones son complementarias con el fin de caracterizar el comportamiento de toda la zona.

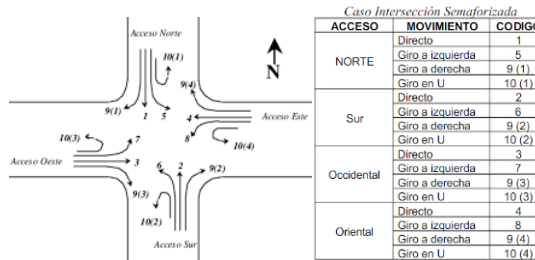
**Figura 33. Intersecciones de Aforo Vehicular hora pico.**



Una vez ya definidas las intersecciones como se observa en la Figura 33 en rojo el intercambiador y en amarillo las intersecciones externas para el cálculo de los volúmenes vehiculares, se identificaron y se catalogaron los giros en dirección de

origen a destino de los vehículos en cada intersección, con base en el manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte, la metodología de la norma RILSA <sup>28</sup>.

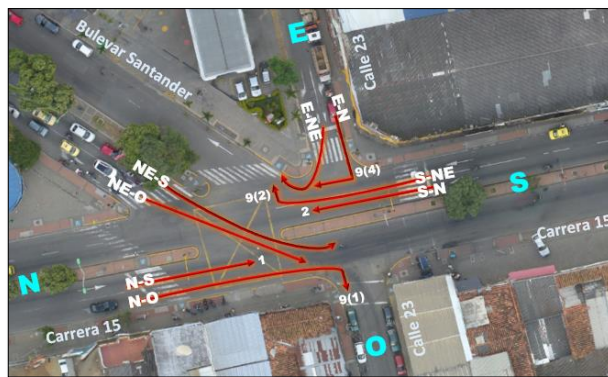
**Figura 34. Codificación de movimientos viales norma Rilsa.**



Fuente: Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte de Bogotá.

Esta codificación se aplica para cada una de las intersecciones descritas anteriormente, a continuación, tomamos la intersección del bulevar para mostrar en la Figura 35 la enumeración tipo de cómo se revisó para cada intersección aplicando el manual.

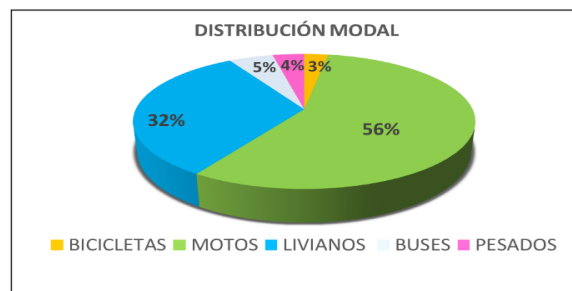
**Figura 35. Enumeración tipo para las intersecciones aforadas.**



<sup>28</sup> SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE A. M. DE B. D., Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. vol. 3, p. 398, 2005

Se obtuvo la distribución modal del sector, como se observa en la Figura 36 que el mayor porcentaje 56% de los viajes corresponden a las motos, seguido de los viajes de los vehículos livianos (automóviles y taxis) representando el 32% de los viajes, continuando con busetas de transporte público colectivo convencional con una participación del 5%, finalizando con camiones un 4% y las bicicletas con el 3% de los viajes.

**Figura 36. Distribución Modal día típico en hora pico.**



### 5.3 SEMÁFOROS

En la zona de estudio se consideraron las tres intersecciones donde se hizo aforo; una sobre la carrera 12 con avenida quebrada seca, otra sobre la carrera 18 con avenida quebrada seca y la del bulevar Santander. Surgió la necesidad de registrar los tiempos y fases semafóricas en cada una de las intersecciones para lograr un acercamiento real en el modelo existente. En la Tabla 14 se muestran los tiempos para cada fase semafórica.

Ver Anexo I.

**Tabla 14. Fases semafóricas.**

<b>Semaforo CRA 18</b>	<b>FASE 1 (s)</b>	<b>FASE 2 (s)</b>	<b>CICLO (s)</b>
Av. Quebrada E-O	28	86	114
Cra 18 N-S	28	86	114
Av. Quebrada O-E	28	86	114

<b>Semaforo CRA 12</b>	<b>FASE 1 (s)</b>	<b>FASE 2 (s)</b>	<b>CICLO (s)</b>
Av. Quebrada E-O	17	86	103
Cra 12 S-N	17	86	103
Av. Quebrada O-E	17	86	103

<b>Semaforo Bulevar</b>	<b>FASE 1 (s)</b>	<b>FASE 2 (s)</b>	<b>CICLO (s)</b>
Boulevard Santander N-S	9	91	100
Cra 15 S-N	9	91	100
Cra 15 N-S	9	91	100
Calle 23 E-O	56	44	100

## 6. VELOCIDADES EN CAMPO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

Con el fin de caracterizar el comportamiento de la zona de influencia, se tomó en campo información sobre las velocidades existentes en los tramos viales que afectan directamente al intercambiador la carrera 15 desde el bulevar hasta la calle 31 se tomó en transporte público de Metrolínea, y en vehículo particular la avenida Quebrada seca desde la carrera 18 hasta la carrera 12 abarcando el total de la zona de influencia. Lo anterior, buscando realizar el análisis de la operación del sector y como un insumo base para la calibración del modelo propuesto. A continuación, en la Tabla 15 se muestran los resultados obtenido del levantamiento.

**Tabla 15. Velocidades en campo.**

NOMENCLATURA	VELOCIDAD AB [Km/h]	VELOCIDAD BA [Km/h]
Avenida Quebrada Seca entre Kr 13-12	25	13
Avenida Quebrada Seca entre Kr 14-13	34	14
Avenida Quebrada Seca entre Kr 15-14	6	24
Puente Avenida Quebrada Seca	11	27
Avenida Quebrada Seca entre Kr 16-15	20	10
Avenida Quebrada Seca entre Kr 17-16	26	7
TRAMO 1	13	-
TRAMO 2	7	-
TRAMO 3	9	-
TRAMO 4	10	-
Avenida Quebrada Seca entre Kr 17a-17	33	-
Avenida Quebrada Seca entre Kr 18-17	-	5
Avenida Quebrada Seca entre Kr 18-17a	24	-
Carrera 15 entre Avenida Quebrada Seca-Cl	2	3
Carrera 15 entre Cl 24-23	24	7
Carrera 15 entre Cl 28-24	18	24
Carrera 15 entre Cl 29-28	9	9
Carrera 15 entre Cl 30-31	36	33

Para la velocidad se tuvo en cuenta los sentidos de los tramos viales tomando como AB lo que ingresa a la glorieta y BA lo que sale de esta. Ver Anexo J.

## 7. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Una vez conocidos los aspectos anteriormente estudiados en la zona como: la infraestructura vial, los perfiles viales, estados de pavimento, señalización presente, los flujos vehiculares, la jerarquización vial, las velocidades, las colas presentadas en el sector, y tiempos semafóricos el análisis puede lograrse de manera más detallada en el contexto actual. Posteriormente se procede a construir el modelo en un software de micro simulación que permitirá soportar como es el comportamiento de la situación presente y si existen fallas poder tener herramientas de posibles soluciones.

### 7.1 CREACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL MODELO

El software de micro simulación utilizado para la creación del modelo fue Aimsun. Para la construcción del modelo se tuvo en cuenta los diferentes atributos de la red vial, como la geometría, características físicas del corredor, como sus anchos de carriles, de andenes, separadores, las señales horizontales y verticales tomadas en campo y los equipos de control presentados en la zona, la demanda de vehículos solicitada <sup>29</sup>.

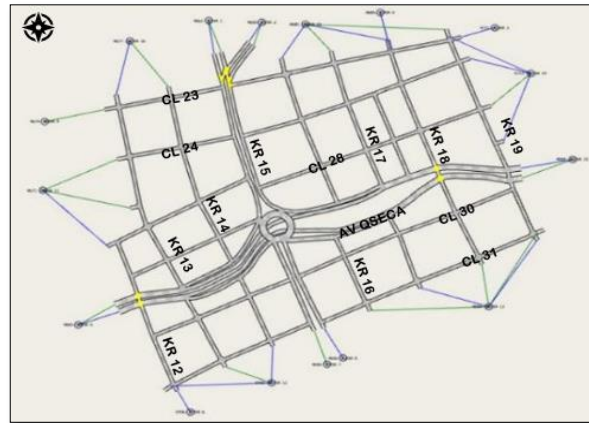
La geometría de la red vial se obtuvo a partir de la herramienta Open Street Map, la cual puede usarse desde el software para importar información de este tipo. Adicionalmente se validó y ajustó esta información a partir de la información primaria y secundaria recopilada.

---

<sup>29</sup> MEJIA A. DE JESÚS V, “Comparación de un Enfoque Macroscópico y otro Microscópico al Estimar las Demoras por la Congestión Urbana”. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil, Medellín, 2016

Posteriormente, se definieron los modos de viaje pertinente para el modelo, lo cuales se clasifican en livianos, taxis, motos, buses, camiones y bicicletas y se alimentó dicha información a partir de los aforos existente, generando matrices OD para cada uno de los modos de viaje, definiendo zonas de entrada y salida, obteniendo una matriz de 17x17 dimensiones. Ver Anexo K.

**Figura 37. Red vial y centroides de generación y atracción Aimsun.**



## 7.2 CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO.

La calibración del modelo parte de un ajuste de parámetros comprendidos por el software a los contextos particulares <sup>30</sup>, en el caso específico del intercambiador se tuvieron en cuenta los relacionados con comportamiento del usuario en este caso se logró quitando señales ya que el usuario en campo no las respeta, metodología para la distribución del flujo vehicular teniendo en cuenta la correcta distribución a la zonas con la matriz origen-destino, geometría de los tramos viales valores que fueron tomados en campo y se asignaron al modelo, distancias de parada en intersecciones y mecanismos de tráfico (dentro de los que se encuentran los

<sup>30</sup> SCHWEIZER J., "Traffic Micro-simulation Modelling & SUMOPy User Manual", Universita Degli Studi Di Bologna, School of Engineering and Architecture. 2014.

semáforos, señales de pare, ceda el paso y otros dispositivos reguladores del tránsito).

El método de asignación de tráfico seleccionado para este proyecto fue el método estocástico <sup>31</sup>, ya que cuenta con una representación de realidad más exacta en el modelo. Este método permite que el usuario de la vía escoja su ruta considerando elementos como el tiempo de viaje, el trayecto más rápido y más económico para llegar a su destino. De acuerdo al comportamiento que se presenta en el transcurso del recorrido, desde su partida, el usuario puede tomar una ruta más efectiva que le permita alcanzar su destino, evitando colas de vehículos y velocidades bajas que afectan el tiempo de viaje <sup>32</sup>.

El método para realizar la calibración y lograr validar los resultados alcanzados, fue el indicador GEH <sup>33</sup>.

El indicador estadístico GEH, llamado así en honor a su autor Geoffrey E. Havers, representa la bondad de ajuste de un modelo, dado a partir de la siguiente ecuación:

$$GEH = \sqrt{\frac{2 * (O - M)^2}{(O + M)}} \quad (1)$$

O = Volumen de tráfico observado en campo

M = Volumen de tráfico que pasa en el modelo

---

<sup>31</sup> BRAVO Y., ATIENCIA N., and RAMÍREZ V., "Control de Tráfico Vehicular usando un Sistema Neuro-difuso tipo ANFIS," Rev. Politécnica, vol. 33, no. 1, 2014

<sup>32</sup> CHEU R. LONG, TAN Y. and LEE D, "Comparison of PARAMICS and GETRAM/AIMSUN Microscopic Traffic Simulation Tools ". National University of Singapore, Department of Civil Engineering. Singapore, 2003.

<sup>33</sup> MEJIA A. DE JESÚS V, "Comparación de un Enfoque Macroscópico y otro Microscópico al Estimar las Demoras por la Congestión Urbana". Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil, Medellín, 2016

De acuerdo al indicador GEH <sup>34</sup>, los criterios establecidos para que un modelo de asignación de tráfico se encuentre calibrado, se presentan en la Tabla 16.

**Tabla 16. Criterios de validación.**

Criterio	Aceptación
GEH <5	60%
GEH <10	95%
GEH <12	100%

Se considera que la asignación de tráfico de un modelo esta calibrada cuando todos los corredores de control estudiados tengan un GEH inferior a 12, más del 95% un GEH menor a 10 y al menos el 60% posean un GEH menor a 5<sup>35</sup>.

El proceso de validación en Aimsun se realizó a partir de detectores, estos son un dispositivo de control con el que el programa cuenta que hace que el análisis de resultados GEH se calcule directamente. Se ubicaron sobre la red en cercanías a los puntos de aforo, con el fin de que en la simulación se arrojaran los datos necesarios de los aforos que se tomaron en campo para la comparación y calibración del modelo, en total se usaron 22 detectores.

**Figura 38. Representación de los detectores puestos para la validación de resultados.**



<sup>34</sup> TOLLAZZI T., «Recent Alternative Types of Roundabouts,» de Alternative Types, vol. 6, Eslovenia, Springer International Publishing, 2015, pp. 129-132

<sup>35</sup> Ibíd.

La confirmación de resultados se hizo para cada modo de viaje, en el programa se ejecutaron cinco replicaciones, ya que se considera que cinco son suficientes para obtener resultados validos de un modelo de simulación de tráfico según Mejía A. De Jesús V <sup>36</sup>. Una vez se obtuvieron resultados idóneos para la calibración y validación buscada, se presentan los resultados obtenidos por tipo de vehículo, y se consolidaron en las Tablas 17. Para ver los resultados de forma detallada, consultar el Anexo L.

**Tabla 17. Validación bicicletas, motos, autos, buses, taxis y pesados.**

Criterio	Aceptación			
	Bicicletas	Motos y autos	Buses y taxis	Pesados
GEH<5	82%	64%	68%	73%
GEH<10	100%	95%	100%	100%
GEH<12	100%	100%	100%	100%
<b>¿CALIBRADO?</b>	SI	SI	SI	SI

También se revisó el modelo para su calibración a partir de las velocidades medidas en campo y las obtenidas por el modelo simulado con el fin de que este se encuentre en las condiciones reales por las cuales funciona hoy en día. A continuación, en la Tabla 28 se hace una validación de estos datos por medio de una comparación de datos se registran los siguientes porcentajes que son bajos y garantizan que el modelo se encuentra calibrado para las velocidades. Ver Anexo J.

<sup>36</sup> MEJIA A. DE JESÚS V, “Comparación de un Enfoque Macroscópico y otro Microscópico al Estimar las Demoras por la Congestión Urbana”. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil, Medellín, 2016

**Tabla 18. Validación de velocidades.**

NOMENCLATURA	VELOCIDAD AB		VELOCIDAD BA		%DE	
	[Km/h]	Aimsun	[Km/h]	Aimsun	COMPARACION	
Avenida Quebrada Seca entre Kr 13-12	14		11		2,4	0,6
Avenida Quebrada Seca entre Kr 14-13	22		11		2,2	1,0
Avenida Quebrada Seca entre Kr 15-14	5		18		0,6	1,2
Puente Avenida Quebrada Seca	7		19		1,3	1,7
Avenida Quebrada Seca entre Kr 16-15	17		8		0,8	0,7
Avenida Quebrada Seca entre Kr 17-16	21		5		1,0	0,8
TRAMO 1	12		-		0,2	-
TRAMO 2	9		-		0,8	-
TRAMO 3	11		-		0,6	-
TRAMO 4	8		-		0,8	-
Avenida Quebrada Seca entre Kr 17a-17	27		-		1,1	-
Avenida Quebrada Seca entre Kr 18-17	-		4		-	0,4
Avenida Quebrada Seca entre Kr 18-17a	25		-		0,2	-
Carrera 15 entre Avenida Quebrada Seca-CI 30	7		4		2,5	0,5
Carrera 15 entre CI 24-23	16		8		1,9	0,4
Carrera 15 entre CI 28-24	15		18		0,6	1,4
Carrera 15 entre CI 29-28	8		11		0,5	0,5
Carrera 15 entre CI 30-31	27		35		1,6	0,3

### 7.3 RESULTADOS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Algunos de los factores utilizados para la comparación de los escenarios de solución propuestos son los niveles de servicio basados el Manual de capacidad en carretera (HCM 2010) <sup>37</sup>, en donde se tiene en cuenta la demanda y el tiempo total de demoras en los tramos viales como factores indicativos de congestión en una intersección, con el fin de hallar la relación de volumen capacidad y con estos factores obtener los niveles de servicio presentes en el intercambiador.

**Tabla 19. Niveles de servicio.**

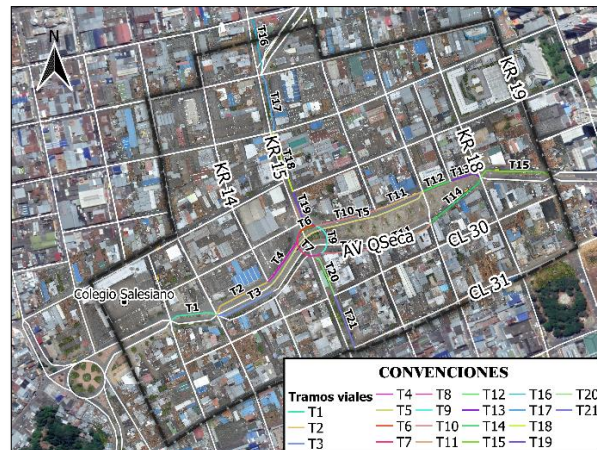
NIVEL DE SERVICIO EN GLORIETAS	
Nivel de servicio	Demora media (s/veh.)
A	<=10
B	>10 - 15
C	>15 - 25
D	>25 - 35
E	>35 - 50
F	>50
	Demanda excede la capacidad

Fuente: HCM 2010

<sup>37</sup> LEG5.STATE "Highway Capacity Manual, 2010 pdf." [en línea] disponible en: [leg5.state.va.us](http://leg5.state.va.us)

Para una correcta interpretación de los resultados, fue necesario nombrar tramos en la glorieta y en las zonas que interfieren directamente con el intercambiador como se observa en la siguiente Figura 39 y representadas con la letra T para cada tramo como se aprecia en la Tabla 20.

**Figura 39. Nomenclatura de tramos en la glorieta.**



Los resultados de los niveles de servicio de los tramos viales más importantes, que intervienen directamente con el intercambiador se ven representados a continuación en la tabla Tabla 20, consultar el Anexo M.

**Tabla 20. Niveles de Servicio situación actual.**

TRAMOS	NOMENCLATURA	NS AB	NS BA
T 1	Avenida Quebrada Seca entre Kr 13-12	F	F
T 2	Avenida Quebrada Seca entre Kr 14-13	F	F
T 4	Avenida Quebrada Seca entre Kr 15-14	F	E
T 3-T 5	Puente Avenida Quebrada Seca	F	F
T 6	TRAMO 1	F	-
T 7	TRAMO 2	F	-
T 8	TRAMO 3	F	-
T 9	TRAMO 4	D	-
T 10	Avenida Quebrada Seca entre Kr 16-15	C	F
T 11	Avenida Quebrada Seca entre Kr 17-16	C	F
T 12	Avenida Quebrada Seca entre Kr 17a-17	F	-
T 13	Avenida Quebrada Seca entre Kr 18-17a	F	-
T 14	Avenida Quebrada Seca entre Kr 18-17	-	F
T 15	Avenida Quebrada Seca entre Kr 19-18	F	C
T 16	Carrera 15 entre Cl 23-22	F	C
T 17	Carrera 15 entre Cl 24-23	F	F
T 18	Carrera 15 entre Cl 28-24	F	E
T 19	Carrera 15 entre Cl 29-28	F	D
T 20	Carrera 15 entre Avenida Quebrada Seca	F	C
T 21	Carrera 15 entre Cl 30-31	C	C

Con relación a la tabla 20, para algunos tramos viales existen dos sentidos de circulación; es así como el sentido AB hace referencia a lo que entra a la glorieta o poseen solo un sentido, y el sentido BA representa el que dirige los vehículos en dirección opuesta a la glorieta.

Una vez obtenidos los niveles de servicio de la situación actual, se comparan con los planteados en el año 2009 con el modelo del intercambiador previsto por los estudios de dicha época. A continuación, se aprecia en la Tabla 21 la comparación del porcentaje de tramos esta cumpliendo con el nivel de servicio planteado y cuales no cumplen con dichas soluciones.

**Tabla 21. Comparación de NDS esperados con resultados de la situación actual del intercambiador.**

Corredor	Niveles de servicio esperados estudio 2009	Comparación situación actual NDS
Quebradseca E - Cra 15 N	C	NO CUMPLE
Quebradseca E - Quebradaseca W	C	NO CUMPLE
Cra 15 S - Cra 15 N	D	NO CUMPLE
Cra 15 S - Quebradseca E	D	NO CUMPLE
Quebradseca W - Quebradaseca E	B	NO CUMPLE
Quebradseca W - Cra 15 S	D	NO CUMPLE
Quebradseca W - Cra 15 N	D	NO CUMPLE
Cra 15 N - Cra 15 S	D	NO CUMPLE
Cra 15 N - Quebradaseca W	D	NO CUMPLE
Cra 15 N - Quebradaseca E	D	NO CUMPLE

Los datos de la Tabla 21 corroboran que el intercambiador no está supliendo las necesidades de los desempeños operativos por los cuales fue planteado. En la evaluación de sus tramos no hay cumplimiento con lo proyectado, sino que todos superan el nivel de servicio, logrando justificar que se está presentando un flujo desmesurado de vehículos, tal y como se aprecia en la demanda que se tomó en campo, resaltando el problema de la cultura vial, en el intercambiador los ciudadanos se parquean, no respeta las señales, no hay prevención entre los demás usuarios generando así un desorden en la fluidez de los vehículos. Ese gran flujo

desde el año 2010 viene en aumento se encuentra que el parque automotor en Bucaramanga y su área metropolitana creció en un 95%, según los datos del Registro Único Nacional de Tránsito.<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> ALCALDIA DE BUCARAMANGA Parque automotor de Bucaramanga y el área metropolitana asciende a los 703.075 vehículos [en línea] disponible en: <https://www.bucaramanga.gov.co/noticias/el-parque-automotor-de-bucaramanga-y-el-area-metropolitana-asciende-a-los-703-075-vehiculos/>

## **8. IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.**

Debido a que los resultados obtenidos demuestran que el funcionamiento del intercambiador no se da actualmente según las proyecciones realizadas en su concepción, a continuación, se presenta la evaluación de dos alternativas de optimización, que buscan mejorar la situación de movilidad del sector minimizando costos de inversión en infraestructura y/o intervenciones contrarias al diseño implementado.

### **8.1 ALTERNATIVA 1**

La primera alternativa propuesta se deriva del análisis realizado a el corredor vial comprendido entre la carrera 15 desde la Avenida Quebrada seca hacia el sur de la ciudad, el cual en teoría es de uso exclusivo para los buses de transporte público y el SITP Metrolínea, sin embargo, se evidencia en campo que todos los tipos de vehículos hacen uso de estos carriles. Por tal razón se propone implementar controles que permitan el correcto funcionamiento de los corredores exclusivos.

Adicionalmente, se plantea ampliar la cobertura de esta restricción en el corredor vial comprendido por la carrera 15 entre la Avenida Quebrada Seca y la calle 24, asignando el carril interno de la calzada exclusivamente para el uso del transporte público y en el corredor vial interno del puente entre la carrera 17 y la carrera 13 podrán transitar en un carril exclusivo el transporte pesado, evitando con esto la congestión presentada en el intercambiador como se observa en la Figura 40.

**Figura 40. Alternativa 1 de solución.**



**Figura 41. Vista 3D Alternativa 1 simulación Aimsun.**

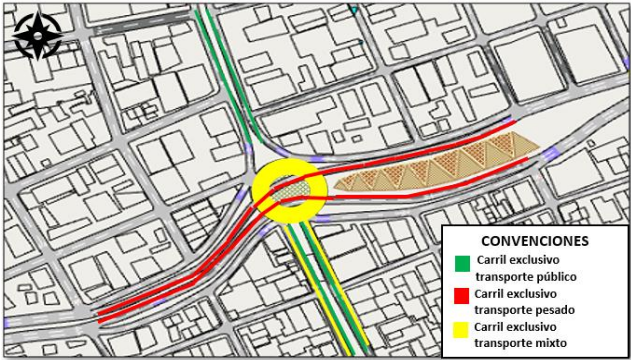


## **8.2 ALTERNATIVA 2**

En esta alternativa se propone implementar un separador central por la carrera 15, desde el Bulevar Santander hasta la calle 36, considerando el carril interno para uso exclusivo de buses de transporte público y del SITP Metrolínea, y el otro carril y la glorieta sea para transporte mixto, entendido por mixto todos los vehículos menos el transporte pesado. Esta alternativa contempla además la restricción de la circulación de vehículos de carga al interior de la glorieta, asignado al puente un carril exclusivo de circulación para estos vehículos. Los semáforos de la intersección carrera 18 con Avenida Quebrada Seca en el ciclo de verde se le agrego un tiempo

de cinco segundos, al igual que los semáforos de la intersección carrera 12 con Avenida Quebrada Seca en el ciclo de verde se le agrego un tiempo de diez segundos, esto se hizo con el fin de poder controlar el flujo vehicular que entra y sale del intercambiador debido a que con los tiempos semafóricos que actualmente funcionan se ocasionaban largas colas en las entradas y salidas de la intersección, como se representa en la Figura 42.

**Figura 42. Alternativa 2 de solución**



**Figura 43. Vista 3D Alternativa 2 simulación Aimsun.**



### 8.3 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

A continuación, se presenta en la Tabla 22 se muestran los niveles de servicio en las proyecciones del 2009 y las actuales y en la Tabla 23 los comportamientos de las alternativas propuestas hechas para el mejoramiento en los desempeños operativos del intercambiador, en el Anexo M, se presentan los niveles de servicio para cada alternativa.

**Tabla 22. Niveles de servicio del intercambiador.**

TRAMOS	DATOS 2009		ESTADO ACTUAL	
	NS AB	NS BA	NS AB	NS BA
T1	D	C	F	F
T2	D	C	F	F
T4	D	C	F	E
T3-T5	B	C	F	F
T10	C	D	C	F
T11	C	D	C	F
T6	D	-	F	-
T7	D	-	F	-
T8	D	-	F	-
T9	D	-	D	-
T12	C	-	F	-
T14	-	D	-	F
T13	C	D	F	-
T15	C	D	F	C
T20	D	D	F	C
T16	D	C	F	C
T17	D	C	F	F
T18	D	C	F	E
T19	D	C	F	D
T21	D	D	C	C

**Tabla 23. Niveles de servicio del intercambiador alternativas.**

<b>ALTERNATIVA 1</b>		<b>ALTERNATIVA 2</b>	
<b>NS AB</b>	<b>NS BA</b>	<b>NS AB</b>	<b>NS BA</b>
E	F	D	F
F	B	E	B
F	D	E	B
E	D	B	C
C	E	E	B
C	F	B	B
D	-	C	-
E	-	C	-
E	-	C	-
D	-	E	-
F	-	C	-
-	F	-	F
E	-	B	-
F	E	F	E
D	B	D	C
F	B	E	B
D	F	C	F
F	E	D	E
E	F	D	E
B	B	B	D

Como se logra evidenciar con cada una de estas dos propuestas el intercambiador logra desempeñarse mucho mejor que en su situación actual, siendo alternativas viables para mantener la infraestructura de este, y no generar amplios costos a los que ya se obtuvieron al desarrollar esta gran obra.

## 9. CONCLUSIONES

- Se encontró que alrededor del 89% de los perfiles viales levantados en campo, no cumplen con las dimensiones normativas dadas en el Plan de Ordenamiento Territorial, del municipio de Bucaramanga
- En cuanto a la señalización vial del sector, se encontró que un 84% se encuentran en buen estado y se concluye que se debe realizar un mantenimiento a las señales horizontales, dado que el 58% de las señales encontradas presentan deterioro.
- El modo de transporte que tiene mayor demanda de tránsito en el intercambiador es la motocicleta; con un porcentaje de intervención del 56% del volumen total del tráfico. Seguido de este, se encuentran los vehículos livianos con 32%. Frente a la comparación de estas cifras se evidencia el claro crecimiento de dependencia del vehículo privado, siendo una de las principales razones por la cual el intercambiador excede la capacidad de lo planteado en sus condiciones de diseño iniciales.
- En el análisis de la información secundaria del intercambiador de la carrera 15 con Avenida Quebrada Seca, se identificaron diferentes variables de estudio como velocidades, niveles de servicio y señalización vial, las cuales fueron fundamentales a la hora de realizar el modelo de la situación actual ya que a partir de esto se realizó una comparación y se determinó la problemática de la zona de estudio.

- El análisis al intercambiador de la carrera 15 con Avenida Quebrada Seca, permitió identificar que su operación no es óptima y no se encuentra acorde con las proyecciones realizadas en su diseño.
- Se logró establecer que el intercambiador ha disminuido su capacidad operacional en varios tramos, a causa de crecimiento desmesurado de los volúmenes vehiculares que circulan en la zona, al igual que la falta de cultura vial por parte del usuario ya que no se respeta la normativa haciendo que se provoquen los excesos en su capacidad de diseño.
- Con la alternativa 1 se logra garantizar que los desempeños operativos y los flujos vehiculares logren una estabilidad en el intercambiador, ya que se reduce la demanda, demoras, tiempos de parada, lo que lleva a que el 62% de los tramos evaluados bajen sus niveles de servicio.
- En cuanto la alternativa 2 se logra reducir aún más los niveles de servicio ya que en el 82% de los tramos evaluados existe mejoría garantizando un mejor movimiento en la glorieta ya que se restringe el paso de los vehículos pesados en esta, mostrando que el puente es el mejor recurso que puede tomar este tipo de vehículos, para que el intercambiador cumpla con el diseño por el cual fue ejecutado.
- Cabe resaltar los premios meritorios que ha obtenido la ejecución de esta obra por su arquitectura y su infraestructura, las propuestas de solución para el mejoramiento del intercambiador se hacen con base en el proyecto actual, garantizando así con las alternativas propuestas menores tiempos de demoras, para obtener desempeños operativos buenos en la zona, debido a que en la actualidad la mayor problemática está en que se tiene control en el transporte ilegal, pesado y público dentro y alrededor de la intersección.

- El modelo de microsimulación con el software Aimsun fue una herramienta de vital importancia en la toma de decisiones debido a la comparación realizada con las proyecciones realizadas en el año 2009, la situación actual y las alternativas propuestas, se logró identificar los problemas presentados y poder garantizar que los estudios y diseños que se ejecutaron para la construcción del intercambiador vial fueron los correctos y esto se ve reflejado en las alternativas propuestas con sus respectivos niveles de servicio.

## BIBLIOGRAFÍA

“ALCALDIA DE BUCARAMANGA Parque autonomotor de BUcarmanga y el área metropolitana asciende a los 703.075 vehículos [en línea] disponible en: <https://www.bucaramanga.gov.co/noticias/el-parque-automotor-de-bucaramanga-y-el-area-metropolitana-asciende-a-los-703-075-vehiculos/>

ALCALDÍA DE BUCARAMANGA “Intercambiador Vial Avenida Quebradaseca– Carrera 15 entrará en ejecución la próxima semana.” [en línea] disponible en: <http://versionantigua.bucaramanga.gov.co/Prensa/post/2013/08/27/Intercambiador-Vial-Avenida-Quebradaseca-Carrera-15-entrara-en-ejecucion-la-proxima-semana.aspx>

ALCALDÍA DE BUCARAMANGA Elaboración del estudio de factibilidad y actividades complementarias requeridas para el cobro por el sistema de contribución de valorización del plan vial Bucaramanga competitiva [en línea] disponible en: [http://versionantigua.bucaramanga.gov.co/documents/valorizacion/Informe\\_Actualizacion\\_Final.pdf](http://versionantigua.bucaramanga.gov.co/documents/valorizacion/Informe_Actualizacion_Final.pdf)

ALCALDÍA DE BUCARAMANGA POT, “Ficha Normativa 10. Perfiles Viales,” p. 1

ARQUITECTURA PANAMERICANA Categoría diseño urbano y arquitectura del paisaje. [en línea] disponible en: [http://www.arquitecturapanamericana.com/intercambiador-vial-quebrada-seca-con-carrera-15/?utm\\_source=rss&utm\\_medium=rss&utm\\_campaign=intercambiador-vial-quebrada-seca-con-carrera-15](http://www.arquitecturapanamericana.com/intercambiador-vial-quebrada-seca-con-carrera-15/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=intercambiador-vial-quebrada-seca-con-carrera-15)

BRAVO Y., ATIENCIA N., and RAMÍREZ V., “Control de Tráfico Vehicular usando un Sistema Neuro-difuso tipo ANFIS,” Rev. Politécnica, vol. 33, no. 1, 2014.

CHEU R. LONG, TAN Y. and LEE D, “Comparison of PARAMICS and GETRAM/AIMSUN Microscopic Traffic Simulation Tools “. National University of Singapore, Department of Civil Engineering. Singapore, 2003.

CONCEJO DE BUCARAMANGA Proyecto De Acuerdo No 018 de 2014 [en línea] disponible en:  
[http://concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2014/PROYECTO\\_DE\\_ACUERDO\\_018.pdf](http://concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2014/PROYECTO_DE_ACUERDO_018.pdf)

CONCEJO DE BUCARAMANGA. Proyecto de Acuerdo No. 127 [en línea] disponible en:  
[http://www.concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2010/PROYECTO\\_DE\\_ACUERDO\\_127.pdf](http://www.concejodebucaramanga.gov.co/proyectos2010/PROYECTO_DE_ACUERDO_127.pdf).

CONSTRUCCION DEL INTERCAMBIADOR VIAL AVENIDA QUEBRADA SECA CARRERA 15 Ley 388 de 1997, Decreto número 0235 de 2012, Municipio de Bucaramanga.

CONTRALORIA MUNICIPAL BUCARAMANGA.” Informe final mega obras vigencia 2015 [en línea] disponible en:  
<file:///C:/Users/Zahira/Desktop/entrega%20final%20proyecto%20grado/01.DOCUMENTOS/INFORME%20FINAL%20MEGA%20OBRAS%20VIGENCIA%202015.pdf>

CORPORACIÓN METROPOLITANA DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO DE BUCARAMANGA. Sub Infraestructura corplan municipio [en línea] disponible en:  
[http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/DocumentosExternos/98SubS\\_Infraestructura%20corplan%20municipios.pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/DocumentosExternos/98SubS_Infraestructura%20corplan%20municipios.pdf)

Elaboración del inventario de tráfico, del inventario parcial vial y la optimización de los diseños de cinco intersecciones viales del municipio de Bucaramanga”. Anexo A.

Estudio de tránsito intersección carrera 15 por avenida quebrada seca”. Anexo A.

INVIAS, Manual de Inspección visual de pavimentos flexibles, 2006

INVIAS, Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, 2006p. 58,.

LEG5.STATE “Highway Capacity Manual, 2010 pdf.” [en línea] disponible en: [leg5.state.va.us](http://leg5.state.va.us)

MEJIA A. DE JESÚS V, “Comparación de un Enfoque Macroscópico y otro Microscópico al Estimar las Demoras por la Congestión Urbana”. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil, Medellín, 2016.

MEJIA A. DE JESÚS V, “Comparación de un Enfoque Macroscópico y otro Microscópico al Estimar las Demoras por la Congestión Urbana”. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Civil, Medellín, 2016.

MINISTERIO DE TRANSPORTE, Manual De Señalización Vial Dispositivos Uniformes Para La Regulación De Tránsito En Calles, Carreteras Y Ciclorrutas De Colombia, J. Phys. A Math. Theor., vol. 44, no. 8, p. 085201, 2015.

Plan Vial y la modernización de la movilidad en el área metropolitana en Bucaramanga año 2000”. Anexo A.

REVISTA EL CRISOL. Intercambiador vial avenida quebradaseca carrera 15 entrara en ejecución la próxima semana [en línea] disponible en:

<http://revistaelcrisol.com/intercambiador-vial-avenida-quebradaseca-carrera-15-entrara-en-ejecucion-la-proxima-semana/>.

SCHWEIZER J., "Traffic Micro-simulation Modelling & SUMOPy User Manual", Universita Degli Studi Di Bologna, School of Engineering and Architecture. 2014.

SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE A. M. DE B. D., Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. vol. 3, p. 398, 2005.

TOLLAZZI T., «Recent Alternative Types of Roundabouts,» de Alternative Types, vol. 6, Eslovenia, Springer International Publishing, 2015, pp. 129-132.

UNIDAD DE MOVILIDAD URBANA SOSTENIBLE. Informe de empalme [en línea] disponible en: [file:///C:/Users/usuario/Downloads/INFORME\\_EMPALME\\_umus\\_1\\_08\\_2018.pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/INFORME_EMPALME_umus_1_08_2018.pdf).

VANGUARDIA LIBERAL "Cemex premió el intercambiador de la quebrada seca." [en línea] disponible en: <https://www.vanguardia.com/informes-comerciales/informacion-comercial/cemex-premio-el-intercambiador-de-quebradaseca-KFVL409102>

VANGUARDIA LIBERAL Así ha crecido el parque automotor en el área metropolitana de Bucaramanga [en línea] disponible en: <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/asi-ha-crecido-el-parque-automotor-en-el-area-metropolitana-de-bucaramanga-ABVL445775>.

VANGUARDIA LIBERAL Intercambiador vial de la 15 de Bucaramanga se entrega esta semana." [en línea] disponible en: <https://www.vanguardia.com/area->

metropolitana/bucaramanga/intercambiador-vial-de-la-15-de-bucaramanga-se-entrega-esta-semana-CRVL384215.

VANGUARDIA LIBERAL Obras en la Quebradaseca con carrera 15 están en 45%.  
[en línea] disponible en: <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/obras-en-la-quebradaseca-con-carrera-15-estan-en-45-DCvi327613>